

AGROFORESTERIA

Vol. 7 N°27 2000

EN LAS AMERICAS

www.catie.ac.cr/informacion/rafa/



**Barbechos
mejorados**

Índice

1. Editorial	
El desafío de los barbechos mejorados	4
2. Agroforestales en América	
<i>L. Meléndez</i> <i>Gonzalo de las Salas Flores:</i> Perspectiva de la agroforestería Colombiana	5
3. Avances de Investigación	
<i>J.Alegre/L.Arévalo/W.Gúzman/M.Rao</i> Barbechos mejorados para intensificar el uso de la tierra en los trópicos húmedos de Perú	6
<i>D.Yanggen/J.Alegre</i> Barbechos con kudzú: análisis socioeconómico, adopción e impacto sobre la deforestación en Pucallpa, Perú	13
<i>J.P.Haggar/G.Uribe/J.Basulto Graniel/A.Ayala</i> Barbechos mejorados en la Península de Yucatán, México	19
4. Temas Libres	
<i>C.Kleinn/J.Pérez</i> Consideraciones metodológicas en la experimentación científica agrícola	25
5. ¿Cómo hacerlo?	
<i>J.Alegre/A.Meza/L.Arévalo</i> Establecimiento de barbechos con leguminosas	31
<i>D.Kass</i> Criterios para la selección de especies en barbechos mejorados en condiciones de campo	34
6. Noticias Agroforestales	37
7. Reseñas Agroforestales	38
8. Publicaciones Agroforestales	43
9. Agenda Agroforestal	45

En la presente edición fungió como Editor Técnico Julio Alegre,
Investigador Agroforestal ICRAF, Perú.



Los barbechos mejorados con *Inga edulis* reducen el tiempo de descanso del sitio. Página 7.



L. leucacephala produce una gran cantidad de biomasa que pueden reciclarse. Página 19.



Existen consideraciones metodológicas que debe tomarse en cuenta en la investigación científica. Página 25

El desafío de los barbechos mejorados

La agricultura migratoria es una forma de uso de la tierra muy común en América Latina, en especial en sitios de mucha disponibilidad de tierra. En la mayoría de los casos, estos sistemas son de baja producción y solo satisfacen el autoconsumo. Cuando se utiliza en suelos apropiados, estas formas de uso de la tierra pueden ser productivas durante varios años pero, debido a las escasas y rudimentarias formas de manejo del suelo y la falta de recursos económicos para la compra de insumos, con el tiempo se vuelven improductivos, se degradan y finalmente son abandonados. Esta forma de manejo se encuentra muy arraigada desde muchas generaciones en los productores de las regiones tropicales y será difícil cambiarlo, mientras no tengan una alternativa que sea económica y socialmente aceptable.

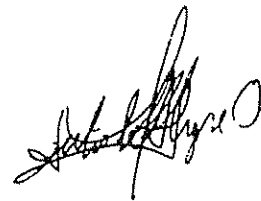
A pesar que en las zonas tropicales no habían existido problemas de disponibilidad de tierras con anterioridad, varios factores, entre ellos el crecimiento de la población, los patrones de herencia y distribución de la tierra y los cambios en las formas de comercialización de los productos agrícolas y forestales, han hecho que diversas formas de uso de la tierra sean abandonadas o colapsen, entre ellas la práctica de roza-tumba-quema-cultivo-barbecho. Los técnicos involucrados en investigación y desarrollo agrícola y forestal tienen que buscar formas de producción que integren los beneficios biofísicos, económicos y ambientales, además de tomar en cuenta factores sociales y políticos que son muy importantes en el proceso de adopción de tecnología, así como buscar formas de uso y manejo de sistemas de producción que sean compatibles con las expectativas de los productores.

Los barbechos mejorados son sistemas agroforestales con una gran cantidad de ventajas para los productores que utilizan la agricultura migratoria; pueden generar una serie de beneficios biofísicos (recuperar la fertilidad del suelo, reciclar nutrientes, reducir problemas con malezas), sociales (son compatibles con la cultura y tradiciones, mejoran el uso de la mano de obra), ecológicos (aumentan el equilibrio y la resistencia de los sistemas, mejoran los ciclos biogeoquímicos), económicos (aumentan ingresos, proveen una serie de productos tales como frutos, leña, madera y otros materiales para ser

utilizados en la finca), e incluso ingresos para financiar otros cultivos. Muchos de estos sistemas, llamados capoveria en Brasil, acahual en México, purma en Perú o simplemente "barbechos", basados principalmente en el uso de especies nativas, son utilizados en América Latina y serán abordados en este volumen de la revista *Agroforestería en las Américas*.

En el proceso de mejorar y promover el uso de barbechos mejorados, debemos tomar en cuenta las condiciones en las cuales se pretende desarrollarlos y las expectativas de los productores. En algunas ocasiones, los productores buscarán mejorar sus cosechas; otros posiblemente estarán enfocados en disminuir el tiempo de "descanso" del barbecho; o tal vez ellos estarán buscando otros productos que les permitan mejores perspectivas en el futuro; e incluso habrá gente que busque una mezcla de todos los beneficios. Sin embargo, ellos deberán ser quienes tomen las decisiones, para que puedan interiorizar los nuevos conceptos. Nuestra labor deberá ser de aconsejar sobre las bondades y limitaciones que ofrecen las distintas alternativas y continuar investigando mediante procesos participativos, en donde el agricultor interviene activamente en el diseño, seguimiento y evaluación de los resultados de éste tipo de tecnologías y, una vez probadas, se puedan masificar para alcanzar el desarrollo sostenible deseado.

Todavía no hemos aprovechado la gran diversidad de especies nativas presentes en nuestros bosques, así como el conocimiento que el agricultor tiene de ellas, las cuales ofrecen muchas alternativas para diversificar los barbechos mejorados. Este será el reto más grande en el futuro; poder armonizar el conocimiento nativo con el conocimiento científico para el bienestar de toda la Humanidad.



Julio Alegre
Investigador Agroforestal ICRAF, Perú.

Gonzalo de las Salas Flores: Perspectiva de la agroforestería Colombiana



GONZALO DE LAS SALAS nació en Colombia en 1942. Estudio en la Facultad de Ingeniería Forestal en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en donde se graduó de Ing. Forestal en 1965. Posteriormente obtuvo su maestría y doctorado en

la Universidad de Göttingen, Alemania en 1973, en ecología forestal y suelos en el Valle Medio del Magdalena, estudiando el reciclaje de nutrientes y los efectos de la agricultura de roza, tumba y quema en fincas de pequeños productores.

Dentro de su experiencia profesional se ha distinguido como docente en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en la carrera de Ing. Forestal. Fue Director de la Corporación Nacional de Investigaciones Forestales (CONIF), Colombia, dirigió la Red Latinoamericana de Asistencia Técnica en Sistemas Agroforestales de la FAO. Fue Profesor Investigador del Programa de Recursos Naturales del CATIE, uno de los programas pioneros de Agroforestería en América Latina. Ha sido consultor privado en diferentes organizaciones en África, Europa y América.

En la actualidad se desempeña como Investigador Asociado en la Universidad Distrital de Caldas en Colombia, donde imparte cursos relacionados con sistemas agroforestales, silvicultura y ecología forestal y brinda asesoría a estudiantes en sus proyectos de investigación. Es miembro del Grupo de trabajo de IUFRO en sistemas agroforestales.

¿Como ha sido el desarrollo de la agroforestería en Colombia?

Colombia es un país muy diverso en ambientes, climas y culturas. En cada región se pueden identificar diferentes organizaciones, tanto privadas como estatales que realizan actividades con componentes agroforestales. En la zona cafetera por ejemplo, se ha realizado mucha promoción para incluir el componente arbóreo y manejarlos como sistemas agroforestales (SAF); en el Valle del Cauca el CIPAV realiza importantes investigaciones sobre sistemas silvopastoriles; en el Valle Medio del Magdalena algunas empresas privadas han establecido ensayos agroforestales para integrar las comunidades a la recuperación de bosques secundarios. Otras Instituciones como CORPOICA, Corporinoquia y corporaciones autónomas regionales de desarrollo, con el apoyo de Organizaciones Internacionales (BID, BANCO MUNDIAL, CATIE) desarrollan proyectos agroforestales, pues se han dado cuenta que la agroforestería representa una opción distinta, una forma integral de utilizar la tierra, para darle mejores opciones al productor y recuperar terrenos degradados por usos inapropiados como la ganadería extensiva. Hoy en día se realizan propuestas para aplicar en forma masiva estas técnicas en las áreas afectadas por la siembra de cultivos ilícitos. Esta iniciativa tiene enormes ventajas ya que podría recuperar extensas zonas deforestadas, ofrece opciones ecológica y económicamente sostenible para cientos de campesinos en muchas regiones de Colombia.

En las Universidades también se han realizado esfuerzos importantes para incluir cursos sobre SAF en carreras agronómicas o forestales, inclusive en instituciones de enseñanza agropecuaria de nivel medio. En la Universidad de Nariño se ofrece una carrera que gradúa ingenieros agroforestales con cinco años de duración. Ahora bien, aunque los SAF han "tomado" la cátedra, los beneficios habrá que medirlos directamente en las fincas de los productores. A pesar que los SAF ofrecen ventajas comprobadas, se ha ob-

servado que funcionan mejor con pequeños productores, que requieren aumentar su eficiencia productiva. Nosotros los técnicos debemos identificar los SAF más apropiados para cada región en general y para cada productor en particular.

¿Cuales han sido las limitaciones más importantes para desarrollar la agroforestería en Colombia?

El desarrollo de los SAF se ha visto limitado por varios factores:

- a) La potrerización del país como consecuencia de la tala del bosque primario o intervenido, para habilitarlo en la siembra de cultivos de pan llevar (subsistencia). Es conocido que después de varios años de cosechas, la tierra pierde su fertilidad natural; entonces el colono busca otra sección del bosque para talar, dejando los terrenos abandonados o los vende a bajos precios dejándolos en manos de ganaderos, quienes acaban por convertir todo el terreno en pasturas, sin importar la aptitud de la tierra. Esta situación es generalizada en todo el Trópico Americano.
- b) Un inadecuado ordenamiento territorial realizado con base en una reforma agraria aprobada en 1961 y aun vigente, que estimula la tala del bosque para que los productores puedan obtener sus títulos de propiedad. Cuando los técnicos promovieron los SAF, estas formas de manejo no tuvieron aceptación entre los productores, porque la norma legal amparaba la conversión de los terrenos con remanentes de bosque a cultivos agrícolas como requisito para la adjudicación de títulos de propiedad.
- c) La violencia ocasionada por la guerrilla y otros grupos al margen de la ley han hecho que muchos productores emigren a las ciudades en busca de mayor protección, hecho que ocasiona graves problemas sociales incluyendo el aumento de los cinturones de miseria; entonces, aunque existan programas y recursos, no hay gente que desee poner en peligro su vida. En ocasiones, cuando existen los programas se ha observado poca regularidad de los técnicos, debido en parte a la gran movilidad en las instituciones, poca continuidad en los programas y genera mucha incertidumbre entre los productores.
- d) Finalmente, falta una actitud práctica por parte de las instituciones gubernamentales. En muchos de los SAF recomendados para pequeños productores ya existen paquetes tecnológicos para garantizar el éxito, pero falta voluntad política para ofrecer créditos con bajas tasas de interés, trasladar las instituciones donde se encuentra el productor y trabajar en su realidad y garantizar a los campesinos una mejor calidad de vida.

¿Qué recomendaciones le haría a los agroforestales en América para facilitar el establecimiento de los sistemas agroforestales en América Latina?

En general la mayoría de los técnicos que trabajamos en el uso y manejo de los recursos naturales, siempre queremos integrar el componente arbóreo dentro de las fincas. Pero son los productores los que finalmente toman la decisión. Aquí es donde tenemos que tener mucho cuidado, porque los agricultores tienen que interiorizar esa idea, ya que ellos actúan de acuerdo con su experiencia, ¡haciendo las cosas!, lo cual es diferente a la lógica que manejan los técnicos. Por ejemplo, dentro de las actividades que se desarrollaron dentro de la Red Agroforestal en Colombia, se destacó la experiencia de un productor que manejaba su sistema agroforestal en forma empírica; para él era más importante el maderable que el café, ya que le generaba mayores ingresos. El campesino dejó la regeneración natural por 10 a 20 años, sabía que tenía un gran capital invertido y poco a poco fue cuidando su sistema Café/Maderable (*Tabebuia rosea*), sin ayuda de técnicos, sin modelos, ni espaciamientos fijos. El agricultor se convenció así mismo y probablemente pensó: si cuidó esto mi familia y yo vamos a tener una mejor vida por mucho tiempo.

Su forma de actuar sirvió de factor multiplicador a sus vecinos quienes iniciaron en sus fincas manejos similares. Sin embargo, he conocido proyectos preparados desde el escritorio que son pura teoría que el campesino no entiende ni conoce. Yo mismo he cometido el error de hablarle al campesino con términos académicos, con mi consiguiente frustración. Para un adecuado proceso de desarrollo de los SAF en sus fincas, se deben buscar primero los núcleos que acepten incorporar estos tipos de sistemas. Posteriormente, se debe estudiar el tipo de productor (población meta). Si los productores tienen recursos suficientes hay muchas posibilidades de desarrollar diversas alternativas. Pero cuando se trabaja con productores de escasos recursos, hay muchas dificultades para implementar los SAF. Generalmente los suelos de sus fincas son poco fértiles, su productividad es muy baja, no poseen título de propiedad. Estos factores hacen que no sean sujetos de crédito y el campesino pierde credibilidad en los programas. La situación del país ha estimulado la escasa utilización de los créditos para reforestar incluyendo los SAF. Una forma de facilitar la promoción y el establecimiento de los SAF es utilizando las Redes existentes en América Latina así como los módulos educativos elaborados por instituciones internacionales (CATIE, ICRAF) y nacionales. Es indispensable utilizar los servicios especializados de extensión disponibles en cada país y región.

Barbechos mejorados para intensificar el uso de la tierra en los trópicos húmedos de Perú

Julio Alegre¹, Luis Arévalo², Wagner Guzmán³, Meka Rao⁴

Palabras claves: árboles leguminosos, *Centrosema macrocarpum*, *Colubrina glandulosa*, control de malezas, frijol caupí (*Vigna unguiculata*), *Inga edulis*, maíz (*Zea mays*).

RESUMEN

Se evaluó el efecto de barbechos con árboles leguminosos o con coberturas vivas sobre el control de malezas, la producción de biomasa y el rendimiento de cultivos anuales en la Provincia de Alto Amazonas, distrito de Yurimaguas, Loreto, Perú. También fueron comparados desde el punto de vista económico. Los tratamientos evaluados fueron: 1) barbecho natural; 2) *Inga edulis* (Inga) plantado a 1.5 x 1.5 m; 3) Inga asociado con *Centrosema macrocarpum* (Centrosema); 4) *Colubrina glandulosa* (Colubrina) plantado a 3 x 3 m; 5) Colubrina asociado con Centrosema y 6) *Centrosema* sola. Colubrina (3 m/año) e Inga (2.2 m/año) crecieron mucho más rápido que los árboles en el barbecho natural (promedio 1.3 m/año) y acumularon mayor cantidad de biomasa durante los tres años de barbecho. La incorporación de la cobertura de *Centrosema* dentro de los barbechos con árboles aumentó la biomasa total de los barbechos y redujo las malezas. Durante los tres años del ensayo, los barbechos de Inga produjeron leña (34.5 t/ha) y frutos (33000 frutos/ha), mientras que con Colubrina se produjeron 1111 fustes/ha que se utiliza para madera de construcción de techos o cercos. El aumento en el valor de los productos de los árboles en los barbechos mejorados los hicieron más rentables para el agricultor; los barbechos naturales solo produjeron madera suave (< 2.5 cm dap) utilizada como leña. Los rendimientos de maíz (*Zea mays*) aumentaron después de un barbecho de Colubrina combinada con Centrosema y de Caupí (*Vigna unguiculata*) después de un barbecho de Centrosema.

Improved fallows to intensify land use in the humid tropics of Peru

ABSTRACT

The effect of legume tree or cover crop fallows on plant biomass, weed control and annual crop production was evaluated and economically compared in the Province of Alto Amazonas district of Yurimaguas, Loreto, Perú. Treatments evaluated were: 1) natural fallow; 2) *Inga edulis* (Inga) planted at 1.5 x 1.5 m; 3) Inga associated with *Centrosema macrocarpum* (Centrosema); 4) *Colubrina glandulosa* (Colubrina) planted at 3 x 3 m; 5) Colubrina associated with Centrosema; and 6) *Centrosema* alone. Colubrina (3 m/year) and Inga (2.2 m/year) grew much faster than the trees in the natural fallow (average 1.3 m/year) and accumulated a greater quantity of biomass during the three years of fallow. The association of *Centrosema* with the trees increased the total biomass of the fallows and reduced weeds. During the three years of the study, the Inga fallows produced firewood (34.5 t/ha) and fruits (33000 pods/ha) while Colubrina produced 1111 poles/ha which are used for roof construction or fences. The additional value of the trees in the improved fallow made them more attractive to the farmers; the natural fallow only produced soft wood (< 2.5 cm dbh) that could be used for firewood. Maize yields increased after fallows of Colubrina associated with Centrosema, but Cowpea yield increased only after the Centrosema fallow.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de la Amazonía Peruana están disminuyendo cada día. La intensa migración de campesinos desde la Región Andina y la costa, con sus sistemas de agricultura migratoria y la extracción de madera están aumentando la presión sobre los bosques y demás re-

ursos naturales. El aumento de la presión sobre la tierra ha reducido el periodo de barbecho de entre 10-15 a 3-5 años (Fujisaka 1996). Esta reducción ha provocado una degradación del suelo, los rendimientos de los cultivos, una mayor tasa de deforestación y la degradación general del medio ambiente.

¹ Investigador ICRAF, Perú Tel: (51-1) 349-6017 fax: (51-1) 3495638; E-mail: j.alegre@cgiar.org ² Gerente Centro de Investigación Yurimaguas, Perú Tel (51-1)352069. E-mail: l.arevalo@cgiar.org ³ Investigador, ICRAF, Perú Tel (51-64)572069 E-mail: w.guzman@cgiar.org ⁴ Investigador, ICRAF, Kenya Tel (254-2)521450. E-mail: mekarao@sol.net.in

Se necesita desarrollar tecnologías que intensifiquen el uso de la tierra, reduzcan la tasa de deforestación en los trópicos húmedos, aumenten la sostenibilidad de los sistemas de producción y mejoren el medio ambiente con el fin de satisfacer necesidades de la población en crecimiento. Los barbechos mejorados podrían ser una alternativa importante; con especies y genotipos adecuados de árboles y un manejo apropiado se puede provocar un rápido crecimiento de la vegetación, recuperar la fertilidad del suelo y finalmente obtener una buena respuesta de los cultivos.



Los barbechos mejorados pueden generar recursos como leña y madera de construcción en plazos muy cortos (Foto: J. Alegre)

Las hipótesis planteadas en este experimento fueron: 1) los barbechos con árboles y con coberturas leguminosas utilizadas incrementan la biomasa total y controlan las malezas más rápido que barbechos naturales; 2) los barbechos con árboles leguminosos tienen mayor potencial para mejorar la producción de los cultivos posteriores, que los barbechos con especies arbóreas de otras familias y 3) los barbechos mejorados son más rentables que los barbechos naturales. Los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar el efecto de los barbechos con árboles y coberturas leguminosas en la producción total de biomasa y la reducción de la competencia de malezas; 2) evaluar el efecto de los árboles leguminosos y no leguminosos en la producción de cultivos anuales y 3) evaluar la rentabilidad de los barbechos mejorados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Provincia de Alto Amazonas, distrito de Yurimaguas, Loreto, Perú (2200 mm precipitación anual, 26 °C temperatura promedio, 85% de humedad relativa). El área fue un barbecho secundario de ocho años de edad, el agricultor realizó la tumba

y quema para sembrar arroz y yuca. Después de haber cosechado la yuca lo abandonó y en ese momento se estableció el experimento (octubre de 1994). El suelo del sitio es un Ultisol ácido (Paleudult), franco arenoso, de baja fertilidad y alta saturación de aluminio.

Los tratamientos establecidos fueron: 1) Barbecho natural; 2) *Inga edulis* (inga); 3) *Inga* + *Centrosema macrocarpum* (centrosema); 4) *Colubrina glandulosa* (colubrina); 5) Colubrina + Centrosema y 6) Centrosema. Los tratamientos fueron evaluados durante tres años. En los tratamientos que incluyeron especies leñosas se cosechó la leña y frutos (caso de Inga) y los fustes (caso de colubrina) y el resto del material fue quemado al igual que los otros tratamientos, posteriormente se sembró maíz (80 x 25 cm) y frijol caupi (40 x 25 cm) en forma tradicional.

Inga es una especie arbórea leguminosa de rápido crecimiento muy utilizada como fruta, leña y por su reciclaje de nutrientes (Palm y Sánchez 1990, 1991). Colubrina es una especie no leguminosa de rápido crecimiento que se usa como madera de diámetros menores utilizada para techos y cercas.

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela tuvo una área de 160 m² (16 m x 10 m). Inga se plantó a 1.5 x 1.5 m y colubrina a 3 x 3 m. Las variables evaluadas fueron: altura total de la planta, diámetro a la altura del pecho (dap), biomasa viva, biomasa en descomposición (hojarasca), lixiviación (medido con tensiómetros) de nitrógeno (NH₄ y NO₃), las mediciones fueron realizadas cada semana durante la época de lluvias y cada dos semanas durante las épocas secas (Anderson e Ingram 1989), dinámica de malezas (medido con cuadrantes de 0.25 m²) y rendimientos de cultivos y árboles después de haber cortado y quemado los barbechos a los tres años de edad. En el caso de Inga se evaluaron 21 árboles centrales de la parcela; mientras que para colubrina se evaluaron la totalidad de los árboles (15). Como el barbecho natural fue una parcela de libre crecimiento de especies, se delimitó una área de 27 m² (9 m x 3 m) en la cual se realizaron todas las mediciones.

El análisis económico financiero se desarrolló con base en los gastos efectuados bajo las condiciones de investigación para cada uno de los tratamientos. Se llevó un control del número de jornales utilizados en cada actividad para los diferentes tratamientos y las cantidades de insumos empleados. El valor de la mano de obra, insu-

mos y productos cosechados fue llevado a dólares (US). Los precios utilizados de las cosechas fueron los que se pagan en fincas (precio de mercado menos costos de transporte). El parámetro de rentabilidad económica utilizado fue el Valor Actual Neto (VAN)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos biofísicos

Tanto Inga como Colubrina se establecieron muy rápido, con un mínimo de control de malezas en los primeros meses del transplante. Durante el primer año de crecimiento, ambas especies sin cobertura fueron los tratamientos que más crecieron ($p < 0.05$), especialmente la variable dap; la altura no fue tan evidente. Estas diferencias fueron posiblemente debidas a la competencia inicial de la cobertura (Cuadro 1). El crecimiento de Colubrina fue mayor que la Inga ($p < 0.05$). La tasa de crecimiento anual durante tres años fue de 3.3 m para la Colubrina y de 2 m de altura para la Inga. *Centrosema* no parece haber afectado el crecimiento de los árboles al final del tercer año.

Cuadro 1. Altura y diámetro a la altura del pecho (dap) de árboles en el experimento de barbechos mejorados en Yurimaguas, Perú.

Tratamientos	1995		1997	
	Altura (m)	dap (cm)	Altura (m)	dap (cm)
Inga	2.47	4.38	6.65	6.66
Inga + <i>Centrosema</i>	3.00	3.79	6.82	6.52
Colubrina	2.77	3.58	9.27	9.48
Colubrina + <i>centrosema</i>	2.17	2.60	9.03	9.33
DMS	0.29	0.46	0.94	1.14
Error estándar	0.15	0.23	0.48	0.58

En el barbecho natural hubo una gran cantidad de especies arbóreas. *Ocuera* (*Vernonia baccharoides*) y *yanavara* (*Pollalestra discolor*) fueron las especie más comunes, con un promedio de crecimiento en altura de 5.90 m y un dap de 3.7 cm a los tres años de edad. En el primer

año 86% del área fue cubierta por *ocuera* y 12% con *yanavara* (Cuadro 2), pero al final del tercer año, quedaron en promedio seis árboles de *ocuera* y cinco de *yanavara* en una área de 27 m². El resto del área sólo presentó un árbol por cada 27 m². Estas especies producen maderas suaves utilizadas para leña.

Cuadro 2. Promedios de altura y diámetro de los principales árboles en el barbecho natural en el experimento de barbechos mejorados, Yurimaguas, Perú.

Nombre local	1995 (un año)			1997 (tres años)	
	Número de árboles/27 m ²	Altura m	dap cm	Altura m	dap cm
<i>Ocuera</i> ¹	40	3.15	1.93	5.85	3.55
<i>Yanavara</i> ²	6	2.69	2.02	5.94	3.81
<i>Chicle caspi</i> ³	1	1.91	<1	3.68	2.05
<i>Cetico</i> ⁴	2	1.33	<1	3.57	1.93
<i>Ocuera blanca</i> ⁵	1	2.15	<1	-	-
<i>Ojo de gato</i> ⁶	1	1.47	1.65	3.10	2.50
<i>Huamansamana</i> ⁷	2	1.03	<1	2.12	1.61

¹*Vernonia baccharoides* (el tercer año solo quedaron 23 árboles)
²*Pollalestra discolor* ³*Lacmellea* sp ⁴*Cecropia* spp. ⁵*Solanum verbascifolium* ⁶desconocido ⁷*Jacaranda copaia*.

Centrosema sola o asociada con árboles fue una buena cobertura del suelo (biomasa verde y biomasa en descomposición) a partir del segundo año. El incremento de hojarasca para Inga + *Centrosema* aumentó desde 3.3 t/ha en el primer año hasta 11.2 t/ha en el tercer año, mientras que para Colubrina + *Centrosema*, el incremento de hojarasca en el primer año fue de 2.9 t/ha hasta 8.5 t/ha (Cuadro 3). Las diferencias en el aporte de la hojarasca de las especies arbóreas fue debido a la arquitectura y fisiología propias de ambas especies. La biomasa de la hojarasca es importante porque es el material que en corto tiempo liberará los nutrientes al suelo, los cuales estarán disponibles para el siguiente cultivo a sembrarse. En el tercer año, el aporte de biomasa total no fue diferente entre Inga y Colubrina con *Centrosema* y *Centrosema* sola.

Cuadro 3. Biomasa (materia seca) vegetativa y en descomposición (hojarasca) de *Centrosema macrocarpum* en los tratamientos evaluados en t/ha.

Tratamiento	1995 (un año)			1997 (tres años)		
	Biomasa verde	Hojarasca	Total	Biomasa verde	Hojarasca	Total
Inga + <i>Centrosema</i>	4.49	3.32	7.81	4.04	11.18	15.11
Colubrina + <i>Centrosema</i>	5.81	2.89	8.70	5.63	8.45	14.09
<i>Centrosema</i>	6.93	3.49	10.41	5.08	7.49	12.54
LSD (0.05)	1.38	1.13	2.40	1.13	2.09	2.84
Error estándar	0.70	0.60	1.04	0.55	1.02	1.39

El crecimiento de malezas fue suprimido por completo bajo los tratamientos que incluyeron Centrosema sola o asociada con Inga o Colubrina, mientras que el barbecho natural y los tratamientos con árboles solos presentaron malezas, especialmente en Colubrina. Posiblemente el habito de crecimiento erecto y el tamaño pequeño de las copas permitieron la entrada de una mayor cantidad de radiación solar. En el caso de Inga, la presencia de malezas se debió a una fuerte defoliación por hormigas (*Atta* spp) cortadoras que limitó el crecimiento de la copa. Al final del tercer año la biomasa total de las malezas en estos tratamientos fue mucho mayor que los otros tratamientos, pero con aproximadamente el 50% menos de las especies de malezas que al inicio del experimento (Cuadro 4). La biomasa de malezas también fue quemada e incorporada como parte de los materiales disponibles a los cultivos.

Cuadro 4. Dinámica de malezas en la biomasa (B) en kg/ha de materia seca y número de especies (S) en el experimento de barbechos mejorados a través del tiempo, Yurimaguas, Perú.

Tratamiento	Inicial		2 meses		3 meses		24 meses		36 meses	
	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S
Barbecho natural	581	12	107	12	63	9	390	5	1275	
Inga	787	12	69	9	88	8	756	4	1287	
Inga + Centrosema	847	8	81	7	78	10	0	0	0	
Colubrina	1097	8	79	8	97	8	473	7	1881	
Colubrina + Centrosema	585	10	64	8	96	9	0	0	0	
Centrosema	537	11	55	9	71	10	0	0	0	
LSD (0.05)	656	4	51	3	66	4	665	2	1007	
Error estándar	341	2	26	2	33	2	327	1	503	



Felipe Macahuachi productor de Yurimaguas, Perú muestra satisfecho su barbecho mejorado con *Inga edulis* que le permitirá reducir el tiempo de descanso del suelo (Foto: J Alegre)

Al final del tercer año los árboles de Inga produjeron en promedio 34.5 t/ha de leña; los árboles de Colubrina produjeron 24.8 t/ha de biomasa total incluidos 1111 fustes utilizados como madera de construcción para techos o cercos. La biomasa de Inga quemada en su respectivo barbecho incluyó 14.4 t/ha de ramas menores de 2.5 cm de diámetro y 3.7 t/ha de hojas. Para Colubrina la biomasa quemada incluyó 6.0 t/ha de ramas de diámetro menor a 2.5 cm y 1.2 t/ha de hojas. Las producciones totales de ceniza después de quemar los barbechos fueron: 1.2 (barbecho natural), 1.1 (Inga), 0.8 (Inga + Centrosema), 1.4 (Colubrina), 1.3 (Colubrina + Centrosema) y 1.1 (Centrosema) t/ha.

Los rendimientos del maíz en los de barbechos de Colubrina + Centrosema y Centrosema sola fueron más altos que el resto de los tratamientos ($p < 0.05$). Posiblemente los bajos rendimientos estuvieron asociados a la alta cantidad de biomasa extraída del sistema, como leña y madera, que contiene gran cantidad de nutrientes como Ca y Mg (Cuadro 5). La Colubrina sola no produjo buenos rendimientos, posiblemente debido a la presencia de malezas, pero al combinarse con Centrosema, los rendimientos se duplicaron. Centrosema parece ser la cobertura que recupera más rápido la fertilidad y produjo bastante hojarasca durante los tres años de establecido, al quemarse liberó buena parte de los nutrientes, de ahí la buena respuesta del maíz. La Inga extrajo muchos nutrientes del suelo y al ser removido del sistema (leña) agotó muchos de ellos, especialmente Ca y Mg (Szott y Palm 1996).

Cuadro 5. Rendimientos de maíz y caupí después de tres años con diferentes barbechos mejorados en Yurimaguas, Perú.

Tratamiento	Maíz kg/ha	Caupí kg/ha
Barbecho natural	498	687
Inga	577	690
Inga + Centrosema	502	475
Colubrina	484	642
Colubrina + Centrosema	867	404
Centrosema	926	782
LSD (0.05)	390	237
Error estándar	83	111

A pesar que los barbechos mejorados con componentes leñosos no presentaron diferencias en los rendimientos de los cultivos (maíz y caupí) comparados con el barbecho natural, si hubo diferencias significativas en cuanto al beneficio económico, ya que con Inga y Colubrina se obtuvieron frutos, leña y madera, productos con buenos precios en el mercado local. Con el barbecho natural de

3 años de edad se obtuvieron pequeños árboles de madera suave, que solo sirvieron para leña.

Aspectos económico financieros

Flujos netos de caja. Los mayores flujos netos de caja estuvieron relacionados con tratamientos con un mayor número de componentes (Cuadro 6). Los tratamientos Inga + Centrosema y Colubrina + Centrosema fueron los que obtuvieron mayores ingresos netos totales como consecuencia de la mayor diversidad de productos obtenidos tales como: leña, madera redonda, frutos de guaba y semillas (Figura 1). Los barbechos plantados resultaron más convenientes debido a que sus rentabilidades fueron mayores comparados con el sistema natural. Es probable que los ingresos hubieran sido mayores si se dejan los barbechos por más tiempo, ya que posteriormente se obtendrán beneficios por los rebrotes de los árboles u otros productos. El año de mayores ingresos fue 1997, cuando termina el período de barbecho, a partir de este momento hay una disminución drástica en los beneficios (Figura 1). ¿Cuál debió ser el tiempo adecuado de barbecho? Para ello se tendría que maximizar una función que incluya tanto las variables biofísicas como socioeconómicas con las restricciones referidas al sitio de estudio.

Cuadro 7. Valor Actual Neto (US\$) y relación Beneficio/Costo (B/C) para cada tratamiento en Yurimaguas, Perú.

Tratamiento	VAN	B/C
Barbecho natural	412	1.5
Inga	853	1.5
Inga +Centrosema	1,377	1.8
Colubrina	1,166	1.9
Colubrina + Centrosema	2,235	2.7
Centrosema	518	1.4

Nota: La tasa de descuento utilizada fue de 20%.

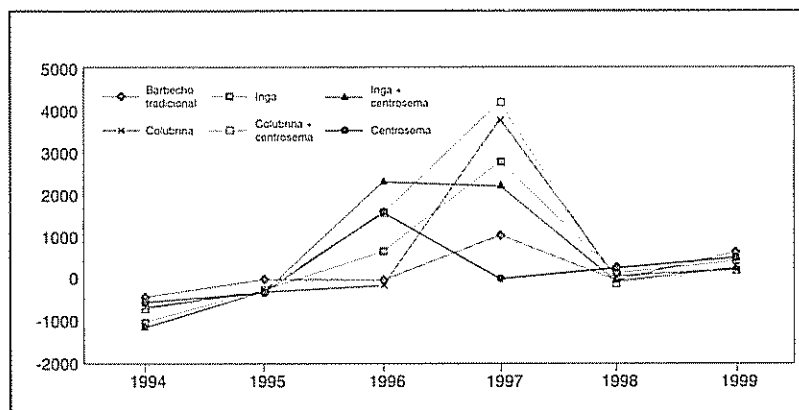


Figura 1. Evolución de ingresos netos por tratamiento en Yurimaguas, Perú.

Cuadro 6. Flujos netos de caja (US\$) por tratamiento según los años en Yurimaguas, Perú.

Tratamiento / año	Periodo de barbecho				Cultivos	
	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Barbecho natural	-371	0	0	1039	73	569
Inga	-1026	-257	684	2790	76	341
Inga +Centrosema	-1137	-257	2316	2240	-118	389
Colubrina	-624	-257	-148	3865	33	215
Colubrina + Centrosema	-627	-257	1552	4194	-182	263
Centrosema	-573	-257	1613	12	159	509

Valor Actual Neto. Los tratamientos Inga +Centrosema y Colubrina +Centrosema presentaron los mayores valores de flujos netos de caja actualizados (Cuadro 7). Esto significa que, si se decide por un sistema como el tratamiento Colubrina + Centrosema se estarían obteniendo 2235 US\$/ha netos. El incremento adicional del VAN respecto al sistema de barbecho natural sería de 442%. La relación beneficio costo (B/C) para este tratamiento (2.7) indica que por cada dólar invertido en este sistema se obtienen 2.7 dólares. De manera similar, el tratamiento Inga + Centrosema obtendría incrementos en beneficios netos actualizados equivalentes a 234%

en relación al barbecho natural y por cada dólar invertido se obtendría 1.8 dólares.

Retorno de beneficios en periodos de barbecho y cultivos

Los sistemas que proporcionan mayores ingresos durante la época de cultivo presentan menores ingresos netos para todo el periodo de estudio (5 años), debido a las mayores ganancias durante la época de barbecho, por la diversidad de productos (Cuadro 8). En consecuencia, al obtener mayores ganancias netas por mano de obra empleada, el sistema Colubrina + Centrosema provee los más altos retornos con 6.08 US\$/jornal/día. Se puede afirmar entonces, que si bien los barbechos plantados podrían emplear mayor cantidad de capital o mano de obra, los altos ingresos netos que se obtienen respaldan la implementación al obtenerse mayores beneficios por la mano de obra empleada.

Análisis de sensibilidad

Este análisis determina la sensibilidad de los tratamientos ante cambios en determinadas variables económicas que son importantes en el mercado de los bienes a transar. Las variables más importante y más susceptibles a

Cuadro 8. Ingresos netos en periodos de barbecho y cultivo para los diferentes sistemas.

Sistemas	Costos (USD/Ha)	Ingresos netos en periodo de barbecho (USD/Ha)	Ingresos netos en periodo de cultivo (USD/Ha)	Ingresos netos por mano de obra (USD/jornales x día)
Barbecho natural	412	192	220	0.33
Inga	853	708	145	2.94
Inga + Centrosema	1,377	1,294	83	3.18
Colubrina	1,166	1,080	86	3.76
Colubrina + Centrosema	2,235	2,220	15	6.08
Centrosema	518	284	234	1.85

Nota: Valores para el año 1994 utilizando una tasa de descuento de 20%. Un jornal equivale a 3 US\$

cambios en el mercado son el precio de los productos y el costo de oportunidad del dinero o tasa de descuento.

Cambios en precios de productos. A pesar de una disminución del 25% en el valor de los precios de todos los productos obtenidos (semilla de Centrosema, leña de Inga y frutos, madera de Colubrina, etc.) y manteniendo constantes el resto de las variables económicas, (*ceteris paribus*) todos los tratamientos de barbechos continúan siendo rentables (Cuadro 9). Cuando se disminuye en un 50% el valor de los precios de todos los productos al mismo tiempo, solo los tratamientos de barbecho natural y *Centrosema macrocarpum* en monocultivo dejan

de ser rentables. Esto evidencia la vulnerabilidad de estos sistemas ante cambios en los precios en el mercado de los productos, además, de la escasa diversidad de productos en sistemas naturales comparado con los sistemas agroforestales de barbechos mejorados que ofrecen una mayor cantidad de productos (tangibles e intangibles) generados.

Cambios en la tasa de descuento. Al simular incrementos en 20 y 30% en la tasa de descuento, todos los barbechos continúan siendo rentables, ya que todos los VAN son positivos o se obtienen beneficios futuros actualizados positivos (Cuadro 10).

Cuadro 9. Valores Actuales Netos (VAN) ante disminuciones en los precios de los productos en US\$.

Variable precio	VAN/tratamiento					
	Barbecho natural	Inga	Inga + Centrosema	Colubrina	Colubrina + Centrosema	Centrosema
Disminución 25 %	316.5	664.9	1,171.6	1,039.9	2,222.1	449
50 %	-120.0	190.8	245.2	176.4	833.6	-301

Cuadro 10. Tasas de descuento versus el VAN por tratamiento en US\$.

Variable: tasa de descuento	VAN/tratamiento					
	Barbecho natural	Inga	Inga + Centrosema	Colubrina	Colubrina + Centrosema	Centrosema
Valor 20 %	421	862	1,306	1174	2244	527
30 %	222	444	813	714	1552	300

CONCLUSIONES

- 1) Inga y Colubrina crecieron más rápido que los árboles del barbecho natural y acumularon más biomasa total durante los tres años del periodo en barbecho.
- 2) La incorporación de cobertura con Centrosema redujo las malezas significativamente.
- 3) Los rendimientos de caupi se incrementaron cuando se sembraron bajo la cobertura de Centrosema y del maíz bajo la combinación de Colubrina + Centrosema.
- 4) Los barbechos con árboles de valor económico tales como Inga (fruto, leña y carbón) y colubrina (postes para construcción de techos) son más rentables al agricultor que los barbechos naturales de ciclo corto.

LITERATURA CITADA

- Anderson, JM; Ingram, JSI 1989. Tropical Soil and Biological Fertility: A Handbook of Methods. CAB International Wallingford, Oxon. UK.
- Fujisaka S. 1996. La dinámica del uso y manejo de tierras Amazónicas: Brasil y Perú. Exposición para la mesa redonda sobre las modalidades de aplicación del concepto de desarrollo sostenible en la Región Amazónica. Instituto Italo-Latino Americano, Roma, Italia (en prensa)
- Palm, CA; Sanchez, PA 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica* 22, 330-338
- Palm, CA; Sanchez, P. 1991. Nitrogen release from leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 83-88
- Szott, LT; Palm, CA 1996. Nutrients stocks in managed and natural humid tropical fallows. *Plant and Soil* 186:293-309

Barbechos con kudzú: análisis socioeconómico, adopción e impacto sobre la deforestación en Pucallpa, Perú

David Yanggen¹, Julio Alegre²

Palabras claves: adopción, cultivos migratorios, mano de obra, *Pueraria phaseoloides*, sistemas agroforestales.

Kudzu Fallows: socioeconomic analysis, adoption and impact on deforestation in Pucallpa, Peru.

RESUMEN

ABSTRACT

El diseño de alternativas sostenibles a la roza, tumba y quema en el trópico húmedo debe enfocarse en mejorar los rendimientos y reducir los costos del sistema. Los productores de Pucallpa han adoptado ampliamente los barbechos mejorados con kudzú (*Pueraria phaseoloides*) pues aumentan los rendimientos y reducen los costos de mano de obra. El análisis econométrico mostró que el uso de barbechos con kudzú disminuyó el desmonte de bosque primario y aumentó el uso de los bosques secundarios. Se discuten también estrategias para el diseño de barbechos agroforestales que tienen un mayor potencial en la reducción de todo tipo de deforestación.

The design of sustainable alternatives to slash-and-burn agriculture in the humid tropics should focus not only on improving yields but also on reducing costs. Pucallpa farmers have widely adopted improved kudzu (*Pueraria phaseoloides*) fallows which increase yields, and also reduce labor costs. Econometric analysis indicated that the use of kudzu-improved fallows decreased primary forest clearing and increased the use of secondary forests. Strategies for designing agroforestry fallows that have a greater potential for reducing all types of deforestation are also discussed.

INTRODUCCIÓN

La roza, tumba y quema es la forma dominante de preparar la tierra para la agricultura en la selva peruana. Esta forma de uso genera muy pocos ingresos y causa mucha deforestación. Aunque muchas instituciones nacionales e internacionales han realizado esfuerzos por promover tecnologías mejoradas de producción en esta región, la adopción ha sido muy limitada. No obstante, en la región de Ucayali, en Pucallpa, un porcentaje importante de agricultores (52%) han adoptado los barbechos mejorados con kudzú; en este estudio se han querido contestar dos preguntas fundamentales: ¿Por qué los agricultores han adoptado barbechos mejorados de kudzú? y ¿cuál ha sido el impacto de esta tecnología sobre la deforestación? Basado en este análisis, se recomiendan algunas estrategias para promover la adopción de tecnologías de barbechos mejorados.

Tipo de Agricultura de la Zona

Pucallpa se encuentra en la selva baja de Perú. Los suelos son ácidos, de baja fertilidad y contienen altos niveles de aluminio, que causa bajos rendimientos y obliga a los agricultores a dejar las parcelas en barbecho después de 1-2 años de cultivo. Los principales cultivos de subsistencia (maíz, arroz, plátano, yuca) tienen bajos precios y los costos de comercialización son altos por falta de infraestructura adecuada. La agricultura de mercado está poco desarrollada. Además, la mayor parte de la ayuda gubernamental para los agricultores fue eliminada a principios de los años 90.

Los agricultores practican la roza, tumba y quema porque minimiza el uso de la poca mano de obra e insumos de capital y se aprovecha la abundancia de tierras. El tamaño promedio de las fincas es de 30 hectáreas, pero so-

¹ Investigador Visitante, ICRAF, Perú. E-mail: d.yanggen@cgiar.org ² Investigador, ICRAF, Perú. Tel: (51-1) 249 6017, fax: (51-1) 349 5638
E-mail: j.alegre@cgiar.org

lo hay una producción activa del 39% del área. En general, las prácticas sostenibles requieren un mayor uso de los escasos factores de capital (insumos modernos) y mano de obra.

Desarrollo de barbechos con kudzú

El kudzú es una enredadera leguminosa. Los agricultores distribuyen la semilla al voleo en la parcela donde han cosechado el cultivo anual. La planta crece en forma agresiva y se extiende muy rápido por toda la parcela. Luego, los agricultores queman la parcela y vuelven a sembrar los cultivos. En la amazonía peruana el kudzú no solo fija nitrógeno, sino que también aumenta el fósforo, potasio, magnesio y calcio en el suelo (Wade y Sánchez 1983), por tanto, la recuperación de la fertilidad del suelo en un barbecho con kudzú se hace en menos tiempo. La iniciativa de incorporar kudzú en los sistemas de barbechos fue idea de los agricultores.

Los agricultores en la zona distinguen entre barbechos ("purmas") bajos (< 5m) y altos (> 5m). Los barbechos son generalmente áreas de regeneración del bosque secundario. Los barbechos de kudzú son barbechos bajos, en ocasiones crecen algunos árboles y arbustos, pero el kudzú los cubre restringiendo su crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

El análisis realizado proviene de dos encuestas una general y otra más detallada. La general se aplicó a 220 hogares de agricultores sobre sus características socioeconómicas, producción agrícola y manejo del bosque. A partir de esta encuesta se realizó un análisis econométrico que examinó los factores que determinaron la adopción de los barbechos de kudzú y el impacto de esta tecnología sobre la deforestación. Se probaron dos modelos econométricos que utilizaron la técnica de mínimos cuadrados ordinarios. Se utilizaron dos ecuaciones. La primera analizó los factores que determinaron la adopción de barbechos de kudzú:

Barbechos de kudzú = f(tamaño de la finca, bosque secundario, bosque primario, suelos, años en lote, educación, mano de obra familiar, ingreso fuera finca, distancia infraestructura social, crédito, distancia mercado, inseguridad de tenencia)¹

¹(ver anexo 1 para la definición de las variables)

La segunda ecuación examinó el impacto de los barbechos de kudzú y otras variables sobre la deforestación de bosque total (bosque primario y secundario), de bosque primario y secundario derribado por cada hogar en 1998:

DEFOR_j = f (anuales, perennes, ganado, *barbechos mejorados de kudzú*, pastos mejorados, pastos naturales, insumos capitales, mano de obra contratada, mano de obra familiar, educación, inseguridad de tenencia, suelos aluviales, bosque en la finca, ingresos del bosque)¹

j = deforestación total, deforestación bosque primario, deforestación bosque secundario (1998).

¹ (ver anexo 1 para la definición de las variables)

Posteriormente, la encuesta detallada analizó 24 hogares de agricultores que tenían y manejaban barbechos mejorados con kudzú, barbechos tradicionales y bosques primarios; el análisis incluyó una comparación entre los diferentes tipos de manejo. Las variables evaluadas fueron el uso total de la tierra, uso de mano de obra y los rendimientos; la cual sirvió para realizar la caracterización socioeconómica de los barbechos mejorados con kudzú.

Por el tipo de información, el análisis socioeconómico, incluyó datos transversales de encuestas de hogares, por tanto, las variables independientes se consideraron significativas hasta un 15 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características socioeconómicas de barbechos con kudzú.

En un sistema migratorio que utilice barbechos, el uso total de tierra está dado por la tierra total en producción, más las tierras en barbecho. El uso total de la tierra disminuye con el período de tiempo que se puede cultivar una parcela antes de dejarla descansar y aumenta con el periodo de tiempo necesario para que el barbecho recupere su fertilidad. La formula de cálculo del uso total de tierra en un sistema de barbechos es:

$$UT = HS + (AB/AC)*HS$$

Donde:

UT = Uso total de la tierra
HS = Hectáreas sembradas
AB = Años de barbecho
AC = Años de cultivos

Los barbechos con kudzú redujeron en un 116% y 40% el uso total de tierra en comparación con los barbechos altos y bajos. Además, se disminuyó en forma sustancial el promedio de años en barbecho, comparado con los demás tipos de barbechos (alto y bajo). Mientras que el promedio de años de cultivo fue relativamente muy similar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación del uso de la tierra entre diversos sistemas de barbechos, Pucallpa, Perú.

	Barbechos mejorados de kudzú	Barbecho de bosque secundario alto	Barbecho de bosque secundario bajo
Años promedio de barbecho	1.7	6.3	2.5
Años promedio de cultivos	1.0	1.3	0.9
Uso total de la tierra: 3 ha de cultivos anuales	8.1	17.53	11.3
Uso de tierra comparado con barbechos de kudzú	100%	216%	140%

El uso de mano de obra se redujo con los barbechos de kudzú (Cuadro 2). La limpieza del bosque primario y barbechos tradicionales de bosque secundario requieren cantidades importantes de mano de obra. Como el tiempo del barbecho con kudzú es más corto, hay menos regeneración de la vegetación; además su follaje cubre rápidamente los árboles y arbustos retardando su crecimiento. Los barbechos de kudzú requieren menos trabajo para la limpieza porque es de porte bajo y su establecimiento casi no requiere mano de obra (se regenera naturalmente o la semilla se esparce al voleo).

Cuadro 2. Comparación del uso de mano de obra en la limpieza de la tierra (días/ha/año/) en Pucallpa, Perú.

Tipo de barbecho	Promedio	Comparación con el barbecho de kudzú
Bosque primario	26.5	323%
Barbechos altos	21.8	266%
Barbechos bajos	13.0	159%
Barbechos de kudzú	8.2*	100%

*Incluye la mano de obra de la colección de semilla y la siembra

Los barbechos con kudzú también redujeron las exigencias de mano de obra para el control de malezas. El kudzú es un cultivo de cobertura agresivo que impide el establecimiento de las malezas en los barbechos. En general, mayores cantidades de radiación penetrando hasta el suelo permiten a las malezas establecerse mejor. Por este motivo, las áreas que provienen de bosques primarios recién tumbados tienen menor cantidad de malezas que los barbechos de bosque secundario. El barbecho de kudzú requiere menos días de uso de la mano de obra para el control de malezas, especialmente cuando se compara con los barbechos altos y bajos, excepto para los cultivos recién establecidos en sitios de tumba y quema de bosque primario (Cuadro 3).

En relación con los rendimientos, los dos factores principales que determinan los rendimientos son la fertilidad de los suelos y la competencia de las malezas. Debi-



El barbecho de kudzú requiere menos días de mano de obra para el control de malezas, especialmente cuando se compararon con los barbechos altos y bajos (Foto: J. Alegre).

Cuadro 3. Comparación del uso de mano de obra para el control de malezas (días/ha/año) en Pucallpa, Perú.

Tipo de barbecho	Deshierba Arroz de kudzú	Comparación Barbecho de kudzú	Deshierba Maíz	Comparación Barbecho
Bosque Primario	3.6	37%	3.1	24%
Barbechos Altos	39.7	409%	20.2	158%
Barbechos Bajos	31.6	325%	23.2	181%
Barbechos de kudzú	9.7	100%	12.8	100%

do a la fijación de nitrógeno y la reducción en las malezas, el rendimiento de barbechos con kudzú fue mayor que los barbechos tradicionales y el bosque primario (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimientos de maíz y arroz bajo diferentes tipos de barberchos en Pucallpa, Perú.

Tipo de barbecho	Arroz (tn/ha)	Comparación Barb. kudzú	Maíz (tn/ha)	Comparación Barb. kudzú
Bosque primario	1.6	76%	1.3	62%
Barbechos altos	1.9	90%	1.5	88%
Barbechos bajos	1.0	48%	1.4	82%
Barbechos de kudzú	2.1	100%	1.7	100%

Análisis econométrico

La adopción de tecnologías mejoradas se hace generalmente en un contexto de escasez de tierras, aumento de población y cercanía a los mercados (Boserup 1965, 1981, Pingali *et al.* 1987). Sin embargo, la adopción de barbechos de kudzú no siguió esa tendencia. La adopción de barbechos de kudzú estuvo correlacionada positivamente con el tamaño de la finca, la distancia al mercado principal de Pucallpa y la infraestructura social (escuelas y puesto de salud ubicados en centros rurales de población).

Paradójicamente, su adopción aumentó con los años en que las parcelas estuvieron con cultivos y con una disminución de las hectáreas de bosque primario (Anexo 2). Ambas variables indican una disminución de la calidad de la tierra. Cuanto más tiempo una finca ha estado en producción, mayor es el agotamiento de nutrientes en el suelo. También con menos bosque primario, mayor es el agotamiento de las reservas de nutrientes contenidos en la biomasa vegetativa. En el contexto de una gran abundancia de tierra en la zona alrededor de Pucallpa, la adopción de barbechos de kudzú no estuvo relacionada con una escasez cuantitativa de tierras sino con una disminución cualitativa de tierras agrícolas.

El signo positivo (0.41) de los barbechos mejorados de kudzú en la ecuación de deforestación total no es significativo (Anexo 2). Cuando la deforestación esta separada en bosque primario y bosque secundario la variable barbechos mejorados de kudzú se vuelve significativa. Los barbechos mejorados de kudzú estuvieron negativamente correlacionados con la deforesta-



Debido a la fijación de nitrógeno y la reducción en las malezas, el rendimiento del maíz en los barbechos de kudzú fue mayor que los barbechos tradicionales y que el bosque primario. (Foto: J. Alegre).

ción del bosque primario y positivamente correlacionados con la deforestación del bosque secundario.

El análisis socioeconómico realizado indicó que los barbechos de kudzú redujeron el uso total de la tierra. Esto disminuyó la necesidad de ampliar las tierras en producción y en consecuencia la deforestación. Pero también se disminuyó el uso de mano de obra en limpieza del terreno y en el control de malezas, actividades que demandan un uso intensivo de mano de obra en la agricultura de tumba y quema en la amazonía (Thiele 1993). Esto "liberó" este factor limitante de producción y permitió que los agricultores cultivaran más hectáreas y así deforestan más. Existió una correlación positiva de mano de obra contratada y de mano de obra familiar con las regresiones de deforestación total y deforestación de bosque secundario respectivamente. Esto indica que cuando hay mayor disponibilidad de mano de obra hay más deforestación. En suma, el efecto "uso de tierra" reduce la deforestación total y el efecto "mano de obra" aumenta la deforestación. Estos efectos opuestos explican la falta de significancia de la variable de barbechos mejorados sobre la deforestación total.

El impacto de los barbechos de kudzú en las ecuaciones de la deforestación del bosque primario y del bosque secundario fue significativo para ambos, pero con signos diferentes. Los barbechos son una forma de bosque secundario. Cuando se introdujo kudzú en los barbechos, el uso del bosque secundario para fines agrícolas se volvió más atractivo en comparación con el bosque primario. Los costos del uso de bosque secundario (mano de obra para limpieza y control de malezas) disminuyeron y los beneficios (rendimientos) aumentaron. Este cambio en los costos y beneficios relativos a favor del bosque secundario explica el impacto positivo sobre la deforestación del bosque secundario y negativo sobre la deforestación del bosque primario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Muchas tecnologías mejoradas de producción buscan reducir la deforestación únicamente a través de la conservación de suelos y/o el aumento de la productividad de la tierra. Sin embargo, los intentos de convencer a los agricultores por aumentar la productividad de la tierra cuando este recurso es barato y la mano de obra y capital son relativamente caros, generalmente van a fracasar. Los agricultores han adoptado los barbechos mejorados de kudzú porque están en armonía con la disponibilidad de recursos en la zona y porque son una alternativa superior a la tumba y quema gracias a su reducción de mano de obra y aumento de rendimientos.

ANEXO 1: Descripción de las variables en las regresiones¹

REGRESION DE BARBECHOS MEJORADOS DE KUDZÚ	
Variable Independiente	
Barbechos mejorados de kudzú	Hectáreas con barbechos de kudzú
Variables dependientes	
Tamaño del finca	Ha totales del finca
Bosque secundario	Ha de bosque secundario
Bosque primario	Ha de bosque primario
Suelos aluviales	Suelos aluviales dominantes (dicotómica)
Suelos arenosos	Suelos arenosos dominantes (dicotómica)
Años del lote	Total de años que una finca ha sido cultivada
Educación	Educación del jefe del hogar > primaria
Mano de obra familiar	M.O. familiar > 14 años trabajando en el finca
Ingreso fuera del finca	Ingresos fuera del finca o del hogar (soles)
Distancia a la infraestructura social	Km desde el finca a la escuela + puesto de salud
Crédito	Crédito recibido en los últimos 5 años (dicotómica)
Distancia al mercado	Km desde su finca a Pucallpa
Inseguridad de la tenencia	Agricultor percibe la tenencia como insegura
REGRESIONES DE DEFORESTACION	
Variables Independientes	
Deforestación total	Total de ha de bosque derribado
Deforestación de bosque primario	Ha de bosque secundario derribado
Deforestación de bosque secundario	Ha de bosque primario derribado
Variables Dependientes	
Anuales	Ha de cultivos anuales
Perennes	Ha de cultivos perennes
Ganado	Cabezas de ganado vacuno
Barbechos mejorados de kudzú	Ha de barbechos de kudzú
Pastos mejorados	Ha de pastos <i>brachiaria</i>
Pastos naturales	Ha de pastos naturales
Capital en insumos	Valor del capital en insumos (soles)
Mano de obra contratada	No. total de días con jornales contratados
Mano de obra familiar	M.O. familiar > 14 años trabajando en el finca
Educación	Educación del jefe del hogar > primaria
Inseguridad de tenencia	Agricultor percibe la tenencia como insegura
Suelos aluviales	Suelos arenosos dominan (dicotómica)
Bosque total	Ha de bosque total (primario y secundario)
Bosque secundario	Ha de bosque secundario
Bosque primario	Ha de bosque total primario
Ingresos del bosque	Valor de los productos usados del bosque (soles)

¹ Medidas a nivel del hogar y de la finca para el año 1998.

Se podría pensar que existe una contradicción cuando se dice que la reducción de la mano de obra permite la adopción exitosa de los barbechos de kudzú y que a su vez, esta "liberación" de mano de obra también aumenta la deforestación. Pero si utilizamos alternativas como barbechos mejorados que aumenten el uso de mano de obra y también los retornos económicos a la mano de obra, los barbechos agroforestales no solo mejorarán el suelo, sino que también proveen un producto exitoso y sostenible.

Para aumentar las probabilidades de tener éxito, se deben minimizar los costos de los barbechos agroforestales. Por ejemplo, plantar árboles leguminosos de crecimiento rápido asociados con cultivos anuales, para que puedan reducir los costos asociados con el establecimiento de los árboles. Luego, la mano de obra de los agricultores será "absorbida" en el manejo y la cosecha de los árboles, reduciendo así la deforestación mientras que se brinda un ingreso extra.

Este análisis también mostró que la adopción de barbechos mejorados de kudzú estuvo correlacionada con fincas que han estado más años en producción y los que tienen menos bosque primario. Se adoptan donde hay una degradación de la calidad de tierra y no donde hay limitaciones cuantitativas de tierras. Esta información puede ayudar a los servicios de extensión a utilizar sus recursos con mayor eficiencia, para así seleccionar los sitios y fincas donde los barbechos mejorados tienen mayores probabilidades de éxito.

LITERATURA CITADA

Boserup E 1965 The Conditions for Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure Aldine Publishing Company, New York
 ——— 1981. Population and Technological Change: A Study of Long Term Trends University of Chicago Press Chicago.
 Pingali P; Bigot Y; Binswanger, HP. 1987. Agricultural Mechanization and the Evolution of Farming Systems in Sub-Saharan Africa John Hopkins University Press, Baltimore, USA.
 Thiele G 1993 The dynamics of farm development in the Amazon: The barbecho crisis model. Agricultural Systems 42, 179-197
 Wade, MK; Sanchez PA 1983 Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin Agronomy Journal 75, 39-45

ANEXO 2: Regresiones de barbechos mejorados y deforestación

Variables Independiente	Barbechos Mejorados		Variables Independiente	Deforestación Total		Deforestación Bosque Primario		Deforestación Bosque Secundario	
	R ² :.33 aju. R ² :.25			R ² :.54 aju. R ² :.50		R ² :.30 aju. R ² :.23		R ² :.30 aju. R ² :.23	
	Coef.	Signif.		Coef.	Signif.	Coef.	Signif.	Coef.	Signif.
Constante		.01	Constante		0.182		.74		.74
Tamaño Finca	.548	***.00	Anuales	0.490	***.00	.323	***.00	.301	***.00
Bosque Secundario	-.066	.44	Perennes	-0.102	*.10	-.040	.60	-.008	.92
Bosque Primario	-.198	*.09	Ganado	0.039	.59	.020	.83	.197	** .04
Suelos Aluviales	-.066	.48	Barbechos Mejorados	0.049	.41	-.129	*.07	.137	*.06
Suelos Arenosos	.168	** .05	Pastos Mejorados	-0.023	.75	-.006	.95	-.154	*.13
Años en Lote	.151	*.12	Pastos Naturales	-0.094	*.13	-.061	.45	-.163	** .05
Educación	.207	***.01	Insumos Capitales	-0.153	** .03	-.125	.16	.181	** .04
Mano de Obra Fam.	.091	.28	Mano de Obra Contr.	0.337	***.00	.011	.89	.019	.82
Ingreso Fuera Finca	.002	.99	Mano de Obra Fam.	0.060	.31	.021	.79	.202	***.01
Dist. Infraestr. Social	.140	*.13	Educación	0.129	** .02	.003	.96	.070	.33
Crédito	-.151	*.07	Inseguridad Tenencia	0.097	*.09	-.025	.75	-.030	.69
Distancia Mercado	.189	** .05	Suelos Aluviales	0.028	.65	-.193	***.01	.203	***.01
Inseguridad Tenencia	-.010	.91	Bosque Total	0.108	*.09	-	-	-	-
			Bosque Secundario	-	-	-.098	.16	.166	** .02
			Bosque Primario	-	-	.254	***.00	-.093	.23
			Ingreso Bosque Prim.	-	-	.168	** .02	-.034	.63

*** Significativo a nivel .01
 ** Significativo a nivel .05
 * Significativo a nivel .15

(a) Los Coeficientes son Estandarizados
 (b) Bosque Secundario Alto (>5metros)

Barbechos mejorados en la Península de Yucatán, México

Jeremy P. Haggart¹, Gabriel Uribe², Jorge Basulto Graniel², Alejandro Ayala³

Palabras Clave: cultivos migratorios, fertilidad, investigación participativa, *Leucaena leucocephala*, Maíz (*Zea mays*), malezas, *Mucuna pruriens*, *Ricinus communis*.

RESUMEN

La agricultura migratoria con la práctica de la roza, tumba y quema es el principal uso de la tierra en el sureste de México. Los barbechos mejorados presentan una oportunidad para intensificar la productividad de la milpa tradicional sin tener que usar insumos comprados. Dentro de tres estudios realizados se ha encontrado que la *Mucuna pruriens* tiene la mejor capacidad para controlar malezas, pero también puede reducir los rendimientos de maíz (*Zea mays*) por su agresividad. *Leucaena leucocephala* y algunas otras leguminosas tienen un buen desarrollo y también alguna capacidad de reducir la incidencia de malezas. Alrededor de 20 productores están implementando pruebas de barbechos mejorados y están aplicando su conocimiento de la vegetación secundaria para probar otras especies de barbechos. Sin embargo, reconocen que esta tecnología solo traerá beneficios a largo plazo, pero están dispuestos a invertir en ella a nivel experimental.

Improved fallows in the Yucatan peninsula, Mexico

ABSTRACT

Shifting cultivation using slash and burn land preparation is the principal land-use in south eastern Mexico. Improved fallows offer an opportunity to intensify traditional maize production without having to use purchased inputs. Through three research studies, it has been found that *Mucuna pruriens* has the best capacity to control weeds, but it can also reduce yields of associated maize (*Zea mays*) due to its aggressive nature. *Leucaena leucocephala* and some other legumes developed well and had some capacity to reduce weed incidence. About 20 farmers are carrying out trials of improved fallows and are applying their knowledge of secondary vegetation to test other fallow species. Farmers recognize that this technology will only bring benefits in the long-term but they are willing to try it out at an experimental scale.

INTRODUCCIÓN

En México, entre 18 y 24 millones de hectáreas de bosques han sido clasificados como perturbados o cubiertos con vegetación secundaria (Cairns *et al.* 1995, Maser *et al.* 1992). La agricultura de roza, tumba y quema (RTQ) se practica en aproximadamente 7,000 Km² de superficie, colocando este sistema en el cuarto lugar a escala mundial. Los campesinos pobres de las zonas tropicales de México tienden a usar las áreas de vegetación secundaria para la agricultura de RTQ, se estima una superficie de 500,000 ha bajo este manejo y específicamente en la Península de Yucatán se cultivan 250000 ha.

La práctica de RTQ es considerada como un sistema agroforestal secuencial con dos fases: un periodo corto de cultivo, de uno a tres años alternando con un periodo largo de descanso de 10 o más años. Durante el pri-

mero hay extracción de nutrientes y disminución de la materia orgánica y, durante el segundo hay una recirculación de minerales entre el suelo y la biomasa vegetal reponiéndose la materia orgánica. El rendimiento actual de la milpa bajo RTQ (0.5 a 1.0 t/ha de maíz) no satisface las necesidades de la familia campesina y el aumento de la población humana ejerce una mayor presión sobre los recursos productivos disponibles (principalmente la tierra). Debido a las nuevas leyes y a decretos comunitarios se prohíbe hacer cambios de uso de bosque primario. Por esas razones, muchos productores han aumentado el periodo de cultivo continuo a 4 o más años, a su vez, han disminuido el periodo de barbecho de 6 hasta 3 años, lo cual no permite que se recupere la fertilidad de los suelos ni obtener otros beneficios de la vegetación secundaria. Los campesinos también

¹ Profesor Investigador Asistente CATIE-MIP-AF-NORAD, Nicaragua, tel: 265-7268 fax: 265-7114 Email: catienic@ibw.com.ni ² Investigador Estación Experimental Uxmal, INIFAP, Merida, Yucatán, México ³ Investigador, INIFAP, Mococho, Yucatán, México

han mencionado problemas de falta de humedad, de control de malezas, ataque de plagas y enfermedades; aun así, no dejan de practicarla porque necesitan el maíz, el frijol y la calabaza para la alimentación familiar.

Los barbechos mejorados con especies leguminosas han sido propuestos como una alternativa de manejo para el sistema RTQ en los trópicos (Kass *et al.* 1994, Staver 1989), ya que reducen el período de descanso, restauran la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno (Brewbaker 1986, Foletti 1991) y pueden suprimir la maleza. Es importante identificar materiales con potencial que puedan jugar un papel importante en los barbechos mejorados en el sistema milpa. Debido a que los barbechos mejorados son bastante similares al sistema RTQ, podrían ser adoptados y adaptados a los sistemas tradicionales. Además, resultados de una encuesta formal indican que los campesinos desean experimentar con esta opción agroforestal (Avila 1994).



Caesalpinia yucatanensis fue una de las conuna mayor sobrevivencia, crecimiento en altura y cobertura, además de menores poblaciones de malezas (Foto: J Basulto)

Este artículo presenta tres investigaciones realizadas en la Península de Yucatán, México que buscan un manejo más sostenible y productivo de la vegetación secundaria. Dos estudios buscan mejorar los servicios biológicos de los barbechos mejorados en términos de recuperación de la fertilidad del suelo, control de malezas y la capacidad de diferentes especies leguminosas para proveer estos servicios. El otro estudio probó una estrategia de manejo y enriquecimiento de vegetación secundaria con la participación de productores, para tratar de acelerar la recuperación de la productividad en los períodos de descanso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación de especies leguminosas arbóreas para barbechos mejorados. El estudio se realizó en los terrenos del Campo Experimental Uxmal del INIFAP (20° 25' N, 89° 45' O; 20 msnm, clima predominante Aw₀ de acuerdo con la clasificación de Köppen; 800 a 1200 mm de precipitación anual y temperatura media de 25 °C). El suelo predominante es de tipo Luvisol ródico, denominado bajo la nomenclatura "Maya" como K'ankab. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron 18 especies de leguminosas arbóreas y arbustivas y dos barbechos naturales (testigo absoluto y con control de malezas similar a las especies leguminosas). De las leguminosas evaluadas 17 se colectaron en la región y una fue introducida (*Sesbania sesban*). Cada parcela experimental contó con cuatro hileras de plantas de 12 x 8 m (96 m²), 2 m entre hileras y 1 m entre plantas; la parcela útil fue de 40 m² (4 x 10 m) con 20 plantas.

El manejo de las parcelas incluyó: el control manual de malezas alrededor de los árboles y con herbicida después de germinadas. Las plantas se obtuvieron de semilla sexual local. A partir del cuarto año se sembró maíz durante varios años hasta que los rendimientos disminuyeron. Las variables medidas fueron: sobrevivencia, altura, diámetro basal, cobertura de los árboles, identificación de maleza, cantidad de biomasa y cobertura.

Aumento de fertilidad y productividad del suelo con barbechos jóvenes. El ensayo fue establecido en el Campo Experimental Uxmal del INIFAP. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron evaluados bajo un arreglo en parcelas divididas, donde los tratamientos principales fueron los barbechos con *Leucaena leucocephala*, *Mucuna pruriens* y vegetación espontánea de 2 y 4 años de descanso y un tratamiento adicional de uso continuo (Cuadro 1), las subparcelas fueron tres niveles de fertilización (fosfato diamónico) de N, P y K (00-00-00, 20-50-00 y 40-100-00) durante los periodos de cultivo. El área de la parcela grande fue de 12 x 26 m; se dejaron bordes de 3 m en todos los lados de la parcela, dejando una área útil para cada subparcela de 6 m de ancho por 4 m de largo. Se realizaron muestreos de suelo previo al establecimiento del experimento (antes de quema) y otro posterior a la preparación para la siembra (después de quema), la profundidad del muestreo fue de 0-30 cm. En las malezas se determinó la densidad de población, las especies presentes y la cobertura. En las leguminosas se determinó la cobertura. Se utilizó el cultivo de maíz como planta indicadora, las variables evaluadas fueron: altura a la

base de la espiga, rendimiento de maíz y contenido de nutrientes en las hojas.

Cuadro 1. Cronograma de establecimiento y manejo de los tratamientos de barbecho y cultivo continuo en el C.E. Uxmal.

Tipo y periodo de barbecho	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Leucaena 2 años	C	C	CB	B	B	C	C	C
Leucaena 4 años	CB	B	B	B	B	C	C	C
Mucuna 2 años	C	C	CB	B	B	C	C	C
Mucuna 4 años	CB	B	B	B	B	C	C	C
Vegetación 2 años	C	C	CB	B	B	C	C	C
Vegetación 4 años	CB	B	B	B	B	C	C	C
Testigo								
Uso continuo	C	C	C	C	C	C	C	C

C = Cultivo de maíz, CB = Cultivo de maíz y establecimiento del barbecho, B = Barbecho.

Investigación participativa con barbechos mejorados.

Mediante un diagnóstico rural rápido se identificaron las zonas de Quintana Roo (población Maya) y Calakmul, Campeche (población inmigrante) como prioritarias para el desarrollo de las investigaciones. Los campesinos cooperantes se seleccionaron con la participación de los técnicos de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya en Quintana Roo y el Consejo Regional Agrosilvopecuario y de Servicios de Xpujil en Campeche. En 1996, se propuso a los productores un diseño de parcelas que consistió en la siembra intercalada de *L. leucocephala* y *Mucuna* (*Mucuna* sp.), con maíz en terrenos de milpa con tres o más años de uso. Con la experiencia de un año, en 1997 los agricultores propusieron nuevas estrategias para el establecimiento, manejo y el uso de nuevas especies “mejoradoras del suelo”. En este mismo año se aplicó una encuesta formal a los campesinos participantes para obtener sus opiniones sobre los problemas y sugerencias para mejorarlo; también se realizaron dos talleres de trabajo para intercambiar ideas, analizar los avances y establecer prioridades de trabajo en campo y compromisos de equipo.

El diseño, establecimiento, manejo y evaluación se realizó en forma conjunta entre los agricultores participantes, el técnico de campo y el investigador responsable de las parcelas experimentales, ubicadas en terrenos de los productores. Además, se realizaron talleres de trabajo para el intercambio de ideas y experiencias entre científico - campesino y entre campesino - campesino. Estos talleres fueron enfocados sobre tres aspectos: 1) ¿qué

especies vegetales eran las más adecuadas y cómo establecerlas con éxito? 2) ¿qué tipo de terrenos era más conveniente trabajar y qué diseño o modelo de sistema agroforestal mejorado era más adecuado? y 3) ¿cuáles fueron las necesidades para mejorar el trabajo interactivo entre campesinos, técnicos e investigadores?.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de especies leguminosas arbóreas para barbechos mejorados. *P. piscipula*, *L. leucocephala*, *C. yucatanensis*, *S. octucifolia* y *A. gaumeri* fueron las especies que presentaron una mayor sobrevivencia (Cuadro 2) y *B. divaricata*, *A. glomerosa* y *S. sesban* las especies con menores porcentajes (0, 20 y 29 % respectivamente). Entre las causas de la alta mortalidad de algunas especies se encuentran la lenta tasa de crecimiento y un alto grado de ataque de roedores (tusas); en el caso de *S. sesban*, la sobrevivencia estuvo ligada con su propia estacionalidad, ya que algunas plantas son anuales o bianuales.



L. leucocephala desarrolló una mayor cantidad de plantas (aproximadamente 8000/ha), con diámetros basales promedios de 0.5 y 1.2 cm a los 6 y 30 meses de edad (Foto: A. Ayala)

De las especies estudiadas, *L. leucocephala*, *S. sesban*, *C. yucatanensis*, *P. piscipula* y *G. sepium* fueron las especies de mayor crecimiento en altura. Se notó una clara ventaja de *L. leucocephala* sobre los demás materiales con 5.6 m. En la variable cobertura, las especies *L. leucocephala*, *P. piscipula*, *C. yucatanensis*, *P. albicans*, y *A. gaumeri* tuvieron un porcentaje superior al 55% de cobertura, sobresaliendo *L. leucocephala* con 91%.

L. leucocephala, *A. gaumeri*, *C. yucatanensis*, *S. sesban* y *P. piscipula* fueron las especies con menor producción de biomasa de maleza; el muestreo se realizó en setiembre (mes más lluvioso). La cobertura de malezas presentó un comportamiento similar, los tratamientos *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* y *P. piscipula* fueron los que presentaron los valores más bajos. Entre los usos más importantes de las especies mencionadas por los productores sobresalieron: maderas preciosas y de construcción, leña, carbón, forraje, alimentación, medicinales y melíferas.

Aumento de fertilidad y productividad del suelo con barbechos jóvenes. Los resultados corresponden a la evaluación realizada en 1999. El número de especies de malezas registradas en general se incrementó con los años de uso; sin embargo, la quema disminuyó el número de especies. *L. leucocephala* y *M. pruriens* tuvieron una cobertura de maleza de hoja ancha significativamente más baja que el cultivo continuo. La mucuna presentó un efecto depresivo significativo de las malezas de hoja angosta, en comparación con los otros tratamientos de barbecho de cuatro años. Al comparar las leguminosas se observó que la mucuna presentó una mayor cobertura comparado con *Leucaena* para ambos periodos de barbecho (71% y 90% para dos y cuatro

años de barbecho). Sin embargo, *L. leucocephala* desarrolló una mayor cantidad de plantas (aproximadamente 8000/ha), con diámetros basales promedios de 0.5 cm y 1.2 cm a los 6 y 30 meses de edad respectivamente.

La *M. pruriens* disminuyó la altura y rendimiento de las plantas de maíz (Cuadro 3). El uso de mucuna asociada con maíz disminuyó el tamaño promedio de las mazorca ($P < 0.01$), así como también sobre el porcentaje de pudrición. No hubo respuesta significativa del maíz a la fertilización en el tercer año de cultivo. No obstante, en el primer año si hubo respuesta; el rendimiento con la dosis de fertilización alta (1.56 ton/ha) fue el doble de la sin fertilizante (0.80 ton/ha).

La roza, tumba y quema incrementó el contenido de materia orgánica del suelo en forma significativa (14%), también se incrementó el contenido de fósforo (8.1%) y potasio (14%); el pH pasó de 7.09 a 7.39, aunque estos últimos incrementos no fueron estadísticamente significativos. Tanto antes como después de la quema las relaciones de Ca/K y Mg/K fueron muy bajas (aproximadamente 7.5 y 1.4 respectivamente) por lo que es de esperarse una respuesta a la aplicación de potasio.

Cuadro 2. Comportamiento de las leguminosas arbóreas y arbustivas y su capacidad en el control de malezas, y los usos designados por productores C.E. Uxmal, México.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Cobertura leguminosas (%)	Altura (cm)	Cobertura de malezas (%)	Usos
1. <i>Lonchocarpus rugosus</i>	78 abc	13 de	113 f	99 ab	Construcción, leña, carbón
2. <i>Mimosa bahamensis</i>	37 bcd	19 cde	188 bcdef	92 ab	Miel, Construcción, leña, carbón
3. <i>Senna octucifolia</i>	83 abc	41 bcd	212 bcdef	88 ab	Construcción, leña, carbón
4. <i>Acacia glomerosa</i>	29 cd	2 e	125 f	98 ab	Leña, carbón
5. <i>Bauhinia divaricata</i>	0			97 ab	Construcción, leña, carbón
6. <i>Leucaena leucocephala</i>	87 ab	91 a	561 a	39 c	Leña, carbón
7. <i>Bauhinia unguolata</i>	53 bcd	31 bcde	251 bcde	85 ab	Miel, leña construcción
8. <i>Pithecellobium leocospermum</i>	56 abcd	32 bcd	133 def	91 ab	Madera preciosa, leña carbón
9. <i>Caesalpinia yucatanensis</i>	84 ab	68 ab	307 b	61 bc	Leña, carbon
10. <i>Senna racemosa</i>	63 abcd	45 bcd	245 bcde	88 ab	Construcción, leña carbón
11. Barbecho 2				99 a	
12. <i>Pithecellobium dulce</i>	77 abcd	21 cde	104 f	92 ab	Leña, carbón, fruta
13. <i>Piscidia piscipula</i>	99 a	72 ab	267 bc	70 abc	Construcción, leña, carbón
14. <i>Lonchocarpus yucatanensis</i>	61 abcd	35 bcd	224 bcdef	96 ab	Construcción, leña carbón
15. <i>Caesalpinia gaumeri</i>	50 bcd	18 cde	172 cdef	91 ab	Leña y carbón
16. <i>Acacia gaumeri</i>	81 abc	57 abc	226 cdef	77 ab	Miel, leña carbón
17. <i>Pithecellobium albicans</i>	80 abc	64 ab	192 bcdef	80 ab	Construcción, leña, carbon
18. <i>Gliricidia sepium</i>	66 abcd	48 bcd	264 bcd	85 ab	Miel, construcción
19. <i>Sesbania sesban</i>	20 d	56 abc	445 a	89 ab	Desconocido
20. Barbecho 1				100 a	

Valores seguidos de la misma letra en las columnas no difieren significativamente (Duncan 5%).

Cuadro 3. Comportamiento del maíz en los tratamientos de barbechos y de cultivos continuos en C.E Uxmal, México.

Tratamiento barbecho	Altura (m)	Rendimiento ton/ha	Mazorcas podridas (%)
<i>Leucaena leucocephala</i> 2 años	2.20 bc	1.557 b	21.81 b
<i>Mucuna pruriens</i> 2 años	1.89 c	0.560 c	46.16 a
Barbecho natural 2 años	2.09 bc	1.184 bc	18.75 b
Cultivo continuo			
00-00-00 fertilizante	2.46 ab	2.303 a	12.14 b
20-50-00 fertilizante	2.66 a	2.780 a	15.68 b
40-100-00 fertilizante	2.63 a	3.095 a	12.18 b

Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales estadísticamente $t_{0.05}$.

El fósforo fue el elemento más limitante en el tratamiento sin fertilización, seguido por el cobre, hierro, nitrógeno, magnesio y manganeso en el análisis de nutrientes de las plantas de maíz. Bajo la condición de fertilización, el orden de requerimiento fue el cobre, hierro y zinc.

Investigación participativa con barbechos mejorados.

Establecimiento y evaluación de parcelas. De 25 agricultores que recibieron semillas en 1997, al menos 16 las sembraron; el establecimiento implicó, además de los trabajos inherentes a la milpa, el trazo de parcelas, la distribución y siembra de las semillas y la limpieza de malezas. De los 16 productores que sembraron, 12 utilizaron al menos *Leucaena* -*Mucuna* o *Leucaena*- higuerrilla (*Ricinus comunis*) o *Glicidida sepium*. La gran mayoría de los productores no respetó el diseño recomendado de las parcelas y su tamaño. Los produc-

tores reconocieron que no piensan dejar descansar todavía sus terrenos. Todos los participantes cultivaron maíz en asociación con las especies mejoradoras del suelo. La tecnología utilizada para la siembra de maíz fue tradicional. La gran mayoría obtuvo bajos rendimientos, alrededor de 500 kg/ha y opinaron que la limitante principal para la baja producción fue la falta de humedad en el suelo; las malezas o la baja fertilidad fueron limitaciones secundarias.

La altura promedio de las malezas fue menor a un metro en todas las parcelas. Las malezas de hoja ancha fueron más abundantes (55% de promedio de cobertura), mientras que las gramíneas, sólo tuvieron una cobertura promedio del 13%. La biomasa promedio de malezas fue de 6480 Kg MS/ha. Las especies leguminosas no encontraron las condiciones necesarias para un desarrollo adecuado. Después de 4 a 5 meses la *Leucaena* alcanzó en promedio 40 centímetros, que fácilmente fue rebasado por las malezas. La *Mucuna* rebasó el metro de altura, pero fue debido a su capacidad trepadora sobre los tallos del maíz y algunas malezas. La *Leucaena* alcanzó una cobertura promedio del 5%, mientras que la *Mucuna* presentó un 29% como promedio general de las parcelas.

Un 88% de los agricultores hicieron uso de terrenos ya en producción, 24% tumbaron vegetación secundaria (acahual) y sólo un agricultor tumbó bosque para el establecimiento de los barbechos mejorados. El tamaño promedio de las milpas fue de 6.2 ha en Calakmul y 4.2 ha en Zona Maya. Los campesinos difirieron en opinión sobre el mínimo de años de descanso necesarios, en Zona Maya la opinión fue en promedio de 9 años, mientras que en Calakmul fue de 4.5 años en promedio.



La *Mucuna pruriens* parece tener la mejor capacidad de reducir la incidencia de malezas durante los primeros años (Foto: G. Uribe).

Opiniones y sugerencias de campesinos. Los barbechos mejorados para la recuperación de la fertilidad y la productividad del suelo son nuevos para los campesinos. Ellos reconocen y enfrentan el problema de la pérdida de la fertilidad del suelo, pero todavía no tienen alternativas viables. El 30% de los campesinos dijeron no saber cómo manejar la fertilidad del suelo; 35% opinaron que un modo sería la aplicación de fertilizantes inorgánicos; 18% consideraron que evitar las quemas podría ayudar a mantener la fertilidad del suelo y un 18% estuvieron convencidos de la incorporación de abonos verdes.

La mayoría de los campesinos de la Zona Maya (66%) y Calakmul (75%) confían en que los barbechos mejorados funcionarán en sus terrenos. En la Zona Maya el producto principal (55%) que ellos esperan obtener es la recuperación de la fertilidad del suelo, seguido (33%) de la producción de madera rústica para la construcción de viviendas; en Calakmul opinaron que la recuperación de la fertilidad del suelo y la producción de alimento para animales son los productos más deseados de los acahuals mejorados.

Hubo interés por parte de los productores de experimentar especies nuevas como *Cajanus cajan*, *Gliricidia sepium* y *Canavalia ensiformis*. Los participantes opinaron que el barbecho mejorado requiere ciclos de seis a ocho años, pero que podrían obtener beneficios intermedios. Indicaron que la inversión en jornales al inicio es alta (4-8 para la siembra, 8-10 para el control de malezas en el primer año y de 6-8 para el segundo y tercer años).

Además indicaron que se deben seleccionar terrenos con acahuals de 4-8 años y que no es conveniente trabajar en áreas de alta infestación de malezas como zacates. Sobre la estrategia de siembra, se recomendó, en el caso de *Leucaena*, sembrarla junto con el maíz en terrenos de primer año y luego dejarla desarrollar durante dos a tres años. Indicaron que se necesita fortalecer la organización mediante reuniones, definir responsabilidades entre técnicos y productores y seleccionar personas interesadas en incorporarse al grupo. Además se debería tener un promotor en cada zona y gestionar apoyo en programas de gobierno o instituciones.

CONCLUSIONES

Las leguminosas arbóreas y rastreras han logrado un control de malezas, aunque todavía es temprano para buscar respuestas en cuanto al mejoramiento del suelo.

La *Mucuna pruriens* parece tener la mejor capacidad de reducir la incidencia de malezas durante los primeros años. De las especies leguminosas arbóreas ensayadas, solo *Leucaena leucocephala* y *Caesalpinia yucatanensis* mostraron una capacidad significativa para reducir la incidencia de malezas.

La evaluación de especies alternativas al uso de *Leucaena* mostró que, aunque ésta tuvo el mejor desarrollo, hay otras especies que podrían ofrecer alternativas. En la investigación formal las pruebas se han inclinado al uso de leguminosas, mientras que los productores reconocen varias especies no-leguminosas que consideran mejoran el suelo, entre ellas *Ricinus communis*. Sin embargo, algunas de las especies reconocidas por los productores, como *Gliricidia* sp. y *Piscidia piscipula*, también se comportaron bien en los ensayos de selección de especies.

Lo atractivo de los barbechos mejorados es que se pueden poner en práctica sin tener que comprar suministros desde afuera. Los campesinos están conscientes que el mejoramiento buscado por medio de barbechos sembrados será a largo plazo. A pesar de que los resultados en los primeros años no han sido sobresalientes, ellos perciben un proceso de manejo a través de varios años para lograr beneficios.

LITERATURA CONSULTADA

- AVILA, M. 1994. Agroforestry research to Develop Sustainable Agriculture in the Forest Buffer Zone of South-East Mexico. International Center for Research in Agroforestry (ICRAF). Mexico Annual Report 1994. Chetumal, Mexico
- BREWBAKER, J.L. 1986. Leguminous trees and shrubs for Southeast Asia and South Pacific. In: G.J. Blair, D.A. Ivory and T.R. Evans (eds.) Forages in Southeast Asia and South Pacific Agriculture. ACIAR Proceedings Series No. 12. Canberra pp. 43-50.
- CAIRNS, A.M.; DIRZO, M.; ZADROGA, F. 1995. Forests of Mexico. A diminishing resource? *Journal of Forestry* 93(6): 21-23.
- FOLETTI, C.A. 1991. Efecto de la aplicación de la hoja de *Tatascan* (*Perymenium grande* var. *grande* Henis) y frijolillo (*Senna guatemalensis* Donn Smith) como abono verde en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en el departamento de la Paz, Honduras. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 169 p.
- KASS, D.C.L.; FOLETTI, C.; SZOTT, L.T.; LANDAVERDE, R.; NOLASCO, R. 1994. Sistemas tradicionales de barbecho de las Américas. En: L. Krishnamurthy y J.A. Leos. Agroforestería en Desarrollo: Educación, Investigación y Extensión. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACH, México pp. 110-125.
- MASERA, O.; ORDOÑEZ, M.J.; DIRZO, D. 1992. Carbon emissions and sequestration in forests: Case studies from seven developing countries. Vol. 4: Mexico. Berkeley, California: Environmental Protection Agency, Climate Change Division and Lawrence Berkeley Laboratory, Energy and Environmental Division.
- STAVER, C. 1989. Shortened bush fallow rotations with relay-cropped *Inga edulis* and *Desmodium ovalifolium* in wet Central Amazonian Peru. *Agroforestry systems*. 8:173-196.

Consideraciones metodológicas en la experimentación científica agrícola

Christoph Kleinn¹, Johnny Pérez²

INTRODUCCIÓN

Para muchas de las ciencias biológicas y de recursos naturales, entre ellas la agricultura, la forestería y la agroforestería, la experimentación juega un papel muy importante. Muchas ideas nuevas están basadas sobre resultados de experimentos, tanto de campo como de laboratorio. La estadística es una de las principales herramientas utilizada desde la fase de planeación de experimentos hasta el análisis de los datos. Con base en la estadística se definen gran parte de los principios del método científico.

Este artículo resume algunos aspectos importantes para mejorar el entendimiento de la experimentación científica, basado en las experiencias con investigadores y estudiantes en diferentes campos de las ciencias naturales. Se enfoca en comprender algunas técnicas estadísticas importantes. Dentro de este contexto, existen dos aspectos básicos que el investigador debe tener claro:

- las fortalezas y limitaciones de las técnicas estadísticas y
- sus propias limitaciones de conocimiento y poder dirigir en forma apropiada una consulta a un estadístico en caso de dudas

Tipos básicos de errores en estudios científicos

Medición de una constante. El "experimento" más simple consiste en la medición de una constante. Por ejemplo, la altura de una planta. Cuando varias personas miden la altura de la planta al mismo tiempo, es normal que existan diferencias. En este tipo de experimento, se tiene solo una fuente de error, que es el error de medición.

Estimación de una población: inventarios. Si queremos conocer la altura de las plantas en una plantación enorme, generalmente se toman muestras y no se miden

las alturas de todas las plantas, mediríamos una constante: el promedio de altura. Entonces se presenta una segunda fuente de error, el error de muestreo, la medición al fin se convierte en una estimación, p. ej. los inventarios forestales. El muestreo es la principal herramienta estadística a ser considerada.

Estimación de efectos: experimentos diseñados. Si estamos interesados en medir el efecto de un tratamiento, entonces en forma deliberada controlamos algunas de las condiciones (los tratamientos). Un tercer tipo de error (el error de medición y de muestreo, también están presentes) aparece: el error experimental. En este se juntan todas las fuentes de variación que no son controladas por el experimento. El diseño experimental es la principal herramienta de análisis a ser considerada.

Generalmente, tanto en experimentos tipo inventario como en experimentos diseñados al hacer el análisis de los datos, no se consideran los errores de medición con la rigurosidad debida, asumiendo que las mediciones son perfectas. Tampoco se tiene una idea clara del orden de magnitud de estos errores de medición. Por estas razones debe tenerse mucho cuidado al hacer las mediciones y así lograr mantener bajo este tipo de error.

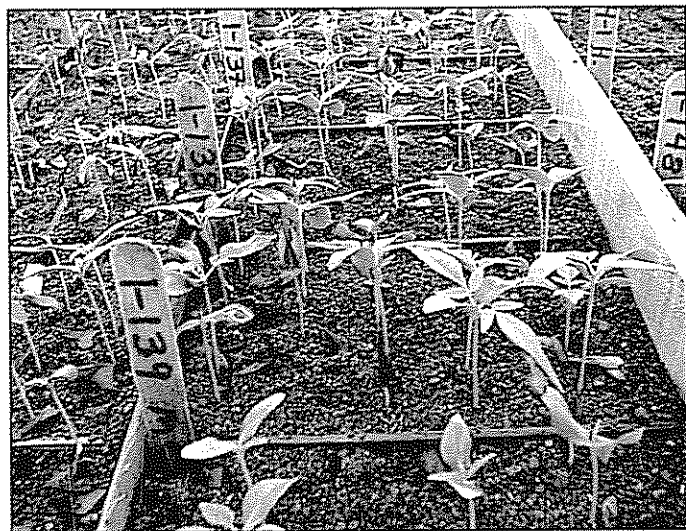
TIPOS DE EXPERIMENTOS CIENTÍFICOS

Experimentos exploratorios versus confirmatorios. Cuando queremos encontrar forrajes alternativos al uso de pasto en una determinada comunidad, se seleccionan 30 o 40 arbustos con potencial y sobre ellos realizamos diferentes pruebas (de consumo, de digestibilidad, producción de forraje, etc) aquí se realiza un experimento exploratorio. Este tipo de estudios debería considerarse como una actividad generadora de hipótesis más que una evidencia estadística.

¹ Profesor Investigador Asociado, Sub Unidad Estadística, CATIE Tel: (506) 556-1530 E-mail: ckleinn@catie.ac.cr ² Analista de datos, Sub Unidad Estadística, CATIE, Fax: (506) 556-7954. E-mail: jperez@catie.ac.cr

Cuando se ha seleccionado la morera (*Morus alba*) como la especie de mayor potencial; entonces realizamos diferentes estudios confirmatorios para definir otros aspectos (frecuencias de corte, efecto de fertilizantes en la producción de biomasa, ganancias de peso en animales, etc.). Aquí tenemos una o varias hipótesis, que se traducen a hipótesis estadísticas, las cuales se confirman o rechazan.

Si estamos interesados en confirmar una hipótesis que hemos generado en un experimento exploratorio, la forma correcta sería establecer un experimento confirmatorio enfocado en la nueva hipótesis. Existe una tendencia a tomar las variables más interesantes de experimentos exploratorios para hacer interpretaciones adicionales, mientras que, las que no muestran una tendencia particular son dejadas por fuera. Trabajar en un experimento sin hipótesis predefinida y poner el enfoque del análisis en los resultados significativos; es como jugar tiro al blanco, disparando primero en una pared y dibujando después el blanco alrededor del impacto.



En experimentos exploratorios, se prueba una gran cantidad de tratamientos con pocas repeticiones, tienen el carácter de estudios piloto y son utilizados para generar hipótesis (Foto: L. Meléndez).

En general, los estudios planificados como exploratorios tienen muchos tratamientos con pocas repeticiones y tienen el carácter de estudios piloto. Los estudios confirmatorios con frecuencia tienen pocos tratamientos (por ejemplo, seleccionados de un estudio exploratorio anterior) con más repeticiones.

Experimentos con diseño y estudios de caso. Los estudios estadísticos se rigen por un número importante de criterios, entre ellos la aleatorización y las repeticiones - los cuales serán tratados posteriormente- sin embargo, con frecuencia es difícil seguir las reglas estrictas en ex-

perimentos de campo. Se debe tener cierta flexibilidad, debido a que en ocasiones, una repetición real está lejos del presupuesto o una aleatorización perfecta no se considera factible en el campo. Los análisis y la interpretación del estudio deben ajustarse a esta situación. Cuando los criterios mínimos no se pueden cumplir no se debe usar métodos estadísticos para hacer inferencias ni generalizaciones.

En estudios de caso la interpretación se enfoca sobre el conjunto de datos que se tiene en la muestra y deben declararse como tales, de otro modo, pueden presentarse confusiones. Es frecuente subestimar los estudios de caso frente a los estudios estadísticos. Sin embargo, ambos tienen un lugar definido dentro de la experimentación científica agrícola y cada uno tiene restricciones técnicas y financieras. Un estudio de caso es válido en el sentido exploratorio de la experimentación y permite el continuar con nuevas hipótesis. Pero una generalización con base en un estudio de caso no es apropiada.

RESTRICCIONES

Las mayores restricciones en la experimentación agrícola y de recursos naturales tienen que ver con limitaciones presupuestarias, de espacio y equipos. Con frecuencia el presupuesto no permite realizar el experimento de la forma idónea y algunas variables, tratamientos y a veces hasta repeticiones deben eliminarse. Es bueno señalar estas limitaciones, esto ayuda en la comprensión del experimento y permite una correcta interpretación de los resultados. En algunos casos, las circunstancias que rodean al experimento y las experiencias generales del experimentador son hasta más importantes para el lector que los propios resultados. Otra restricción importante son los conocimientos limitados de muchos investigadores sobre las limitaciones de los métodos estadísticos, esto hace que con frecuencia las publicaciones científicas sean poco completas y difíciles de entender.

CONSIDERACIONES DEL ANÁLISIS

Significancia estadística

La significancia estadística es considerada con frecuencia la medida más importante en la interpretación de resultados de un experimento. Los investigadores se alegran cuando sus datos conducen a efectos significativos (si los esperaban) y se decepcionan cuando no es así. Sin embargo, la significancia estadística es un concepto artificial y por sí solo no significa mucho. De hecho, al incrementar el tamaño de muestra o el número de repeticiones, cualquier diferencia podría hacerse estadísticamente significativa (Recuadro 1). Se debe observar el nivel de significancia al mismo tiempo que las

estimaciones, las variancias y el tamaño de la muestra. En la mayoría de los casos lo más importante en términos técnicos y económicos son las estimaciones de las diferencias entre efectos. En muestras grandes, un efecto pequeño (estadísticamente significativo) podría no tener ninguna relevancia práctica. Así, también se debe interpretar apropiadamente las estimaciones. Decir que se encontraron diferencias “estadísticamente significativas” entre los tratamientos sin dar más interpretación a estas diferencias no es suficiente.

Recuadro 1:

Pruebas t para comparar la ganancia de peso (en libras) en novillas sometidas a dos dietas diferentes A y B con diferentes tamaños de muestra (n=3 y n=50) en las mismas poblaciones.

CASO 1: n=3		CASO 2: n=50	
Dieta A	Dieta B	Dieta A	Dieta B
184	185	184	185
185	184	185	184
186	183
$y_A = 185$	$y_B = 184$	184	187
$S^2_A = 1$	$S^2_B = 1$	185	186
$t_c = 1.2247$		$y_A = 185.28$	$y_B = 184.36$
$\text{Prob} > t_c = 0.2879$		$S^2_A = 1.7159$	$S^2_B = 1.9086$
		$t_c = 3.417$	
		$\text{Prob} > t_c = 0.0009$	

Nota: Al aumentar el tamaño de muestra se mejora la precisión de la estimación y se detectan diferencias más pequeñas como estadísticamente significativas. En general, al aumentar el tamaño de la muestra se aumenta la precisión de la estimación y la potencia de la prueba, para detectar si hay o no un efecto del tamaño e pre-definido. Sin embargo, la diferencia tiene que tener una relevancia práctica. El investigador debe tener una idea clara del efecto e mínimo, para que sea relevante el resultado, entonces se recomienda usar una hipótesis especificada y probar directamente si la diferencia entre dos grupos es mayor que e , en vez de probar si hay una diferencia simple.

Submuestreo: unidades experimentales versus unidades de observación

La unidad experimental en un experimento diseñado puede definirse como la parte del material experimental a la que se asigna y aplica un tratamiento, independiente de las otras unidades. La definición es muy importante para un análisis correcto de los datos y tiene mucho que ver con el procedimiento de aleatorización.

La unidad de observación es a la que se hace la medición. En ocasiones la unidad experimental y la unidad de observación son la misma, por ejemplo, cuando se asigna al azar diferentes intensidades de poda a árboles individuales, entonces el árbol es la unidad experimental y al mismo tiempo la unidad de observación.

Pero si se aplica fertilizante a una parcela de maíz, de la cual se miden 15 plantas, entonces la parcela constituye la unidad experimental y la planta de maíz la unidad de observación.

Al confundir las unidades de observación como unidades experimentales independientes se incrementa erróneamente el número de grados de libertad para la estimación del error (Recuadro 2): este error hace que con más frecuencia (y erróneamente) se encuentren diferencias estadísticamente significativas.

Mediciones repetidas

Es común en experimentos forestales y agroforestales que algunos tratamientos quieran evaluarse por muchos años, por ejemplo, medir el diámetro a lo largo de varios años después de aplicar abonos. En este caso estamos hablando de **mediciones repetidas** debido a que se miden los mismos árboles.

Cuando se quieren comparar dos medias que provienen de dos muestras, debemos definir si entre ellas existe independencia (pruebas t para muestras independientes) o son dependientes (pruebas t para datos pareados). La prueba t para datos pareados en la cual se hacen dos mediciones sobre el objeto de estudio es un caso particular de mediciones repetidas. En casos de más de dos grupos, también se debe hacer la diferenciación entre grupos de muestras independientes y dependientes (las muestras dependientes corresponden a mediciones repetidas).

Los experimentos diseñados deben cumplir con algunos postulados, uno de ellos es la independencia de unidades experimentales, supuesto que debe verificarse en el caso de tener mediciones repetidas. Es frecuente confundir cuando existe y cuando no hay independencia. La dependencia debe ser tomada en cuenta en el análisis de los datos. Diferentes opciones de análisis han sido propuestas, sobre todo, la de analizarlo como un diseño en parcelas divididas o como un análisis de variancia multivariado. En realidad, al hacer tres mediciones en el tiempo, las tres respuestas son observaciones de tres variables y no se trata de una sola variable bajo tres diferentes niveles del factor tiempo. Además, no puede mirarse al “tiempo” como un factor, ya que no podemos aleatorizar el tiempo, siempre es secuencial; así que una de las suposiciones fundamentales de la estadística clásica no se cumple, la aleatorización.

No observar el carácter de las mediciones repetidas, puede llevar a una inferencia equivocada. La existencia del problema depende del carácter del experimento y

Recuadro 2:

Experimento con submuestreo. Aplicación de 3 tratamientos (A, B y C) con 3 repeticiones. En cada una de las macetas, que forman las unidades experimentales, se efectuaron mediciones en 4. Las observaciones se dan en la parte inferior de la tabla.

A1	B2	A3	B1	C3	B3	C2	A2	C1
Unidad experimental (maceta)			Unidad de observación (planta)					
A1	B2	A3	B1	C3	B3	C2	A2	C1
3.5	3.5	3.0	5.0	5.5	4.5	5.5	3.5	5.0
4.0	3.5	3.0	5.5	4.5	4.0	5.0	4.5	4.5
3.5	3.0	3.5	4.0	6.0	4.0	5.0	5.5	5.0
4.5	4.0	3.0	3.5	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5
3.875	3.500	3.125	4.500	5.375	4.375	5.125	4.625	4.75

Análisis de varianza incorrecto del experimento, se toma cada una de las 4 observaciones dentro de una unidad experimental como una unidad experimental independiente.

FV	GL	SC	CM	F	Prob>F
Tratamientos	2	9.7638	4.8819	10.04	0.0004
Error	33	16.0416	0.4861		
Total	35	25.8056			

Tratamiento	Estimaciones	
	Media	Desviación Estándar
A	3.875	0.8291
B	4.125	0.7424
C	5.083	0.4687

Al analizar el experimento en forma incorrecta, tomando las unidades de observación (las plantas) como unidades experimentales (las macetas) se aumenta artificialmente el número de grados de libertad para la estimación del error experimental, el cual resulta tan bajo (0.4861), que se detectan diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Prob>F=0.0004). Mientras que las estimaciones son correctas, la descomposición de la variancia total se hace incorrecta y resulta una prueba de F progresiva. Tampoco la estimación de las desviaciones estándar de las estimaciones resultan correctas.

Análisis de varianza correcto del experimento donde se separa el error de muestreo de error experimental.

FV	GL	SC	CM	F	Prob>F
Tratamientos	2	9.7638	4.8819	3.82	0.0851
Error Experimental	6	7.6667	1.2778		
Error de Muestreo	27	8.3750	0.3102		
Total	35	25.8055			

Tratamiento	Estimaciones	
	Media	Desviación Estándar
A	3.875	0.7500
B	4.125	0.5449
C	5.083	0.3146

Al analizar el experimento en forma correcta, se estiman tanto el error experimental como el error de muestreo. La prueba de F indica (Prob>F=0.0851) que es mucho menos probable que haya diferencias estadísticas significativas, comparado con el valor de Prob>F=0.0004 del análisis incorrecto, que sugería que la diferencia era bastante clara. Observe también que las estimaciones (es decir las medias) quedan igual en ambas formas de análisis, sin embargo, las estimaciones de las desviaciones estándar son diferentes. Otra forma del análisis correcta sería la de hacer el análisis de variancia sobre las medias por parcela, así resumiendo la información pertinente da cada una de las unidades experimentales.

de la diferencia entre los objetos usados en el estudio. El Cuadro 1 ilustra un ejemplo de mediciones repetidas.

La asignación de los tratamientos 1, 2 y 3 a las plantas fue al azar (diseño completamente al azar). Sin embargo, las mediciones 2 y 3 en el tiempo no. De esto puede-

mos concluir por el momento, que los efectos de los tratamientos si podemos probarlos con un análisis de variancia simple, pero que podemos tener problemas al incluir el "factor" tiempo. Es común aplicar el análisis univariado de parcelas divididas en el tiempo, así que el objeto forma la parcela principal, que aquí sigue un di-

Cuadro 1. Efecto de tres tipos de sombra sobre el crecimiento de plantas de café. Se efectuaron mediciones de altura de cada una de las plantas en tres diferentes puntos en el tiempo.

Planta	Tratamiento	Mediciones de la altura (cm)			Media por planta
		1	2	3	
1	1	7.0	13	21	13.67
2	1	8.0	15	22	15.00
3	1	6.5	12	23	13.83
4	2	7.5	14	23	14.83
5	2	9.0	16	28	17.67
6	2	7.0	15	23	15.00
7	3	5.0	7	13	8.33
8	3	6.5	12	17	11.83
9	3	7.5	14	22	14.50

seño completamente al azar y las tres mediciones en el tiempo forman las subparcelas.

Del análisis de varianza realizado como parcelas divididas se observa que el efecto de los tratamientos (TRAT) no es estadísticamente significativo ($Pr > F = 0.1072$), el efecto de las mediciones (MED) presenta diferencias altamente significativas ($Pr > F = 0.0001$), lo que indica que la altura de las plantas difiere estadísticamente en las tres mediciones y al ser la interacción TRAT*MED significativa ($Pr > F = 0.0408$) se concluye que los tratamientos presentan una altura media diferente a través del tiempo (Cuadro 2). En el total de los grados de libertad se ve lo que puede ser un problema mayor: en el experimento teníamos 9 pasos de aleatorización, la asignación de los tratamientos a los objetos; pero en el análisis pretendemos decir que tenemos 27 (correspondiendo a los 26 grados de libertad).

Como se afirmó, las tres mediciones no son observaciones independientes sino observaciones de tres diferentes variables, que tienen ciertas relaciones entre sí. La estructura de estas relaciones se presenta en términos de correlación en una matriz de variancias y covariancias. De la estructura de esta matriz depende, si el análisis del

Cuadro 2. Análisis de varianza del ensayo como diseño en parcelas divididas.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Trat	2	83.6852	41.8426	3.32	0.1072
Error A	6	75.7222	12.6204		
Mediciones	2	917.6296	458.8148	241.72	0.0001
Trat*Mediciones	4	26.5926	6.6481	3.5	0.0408
Error B	12	22.7778			
Total	26	1126.4074			

factor tiempo puede hacerse con un análisis de variancia univariado (como el de parcelas divididas) o no. Hay pruebas estadísticas para esta pregunta.

En nuestro caso, la prueba de esfericidad de Mauchly ($Pr > \chi^2 = 0.5014$) indica que el análisis univariado probablemente sea adecuado. El resultado de esta prueba, como el programa SAS® lo produce, está en el Cuadro 3. Sin embargo, esta prueba tiende a tener poca potencia, sobre todo en el caso de tamaños de muestra no muy grande. Por lo tanto; si el programa estadístico disponible permite hacer un análisis de variancia multivariado, será este el camino más seguro del análisis.

Cuadro 3. Prueba de Mauchly para probar si para el experimento con mediciones repetidas debe emplearse un análisis univariado como el diseño en parcelas divididas.

Análisis de Mediciones Repetidas (Análisis de variancia multivariado):

Aplicado a componentes ortogonales:
 Prueba para esfericidad de Mauchly = 0.7586913
 Aproximación chi-cuadrado = 1.3808018
 con 2 grados de libertad
 Prob > $\chi^2 = 0.5014$

El Cuadro 4 ilustra el análisis del experimento del Cuadro 1 empleando el análisis de variancia multivariado. Para efectuar pruebas en este análisis no se comparan diferentes variancias (de una sola variable de respuesta), sino matrices de variancias y covariancias del juego de variables de respuesta. No hay solo una opción de hacer la comparación estadística de las matrices, sino que se han desarrollado diferentes enfoques de los cuales se encuentran cuatro en el Cuadro 4 de la salida del programa SAS® (Wilk's Lambda, Pillai's Trace, Hotelling-Lawley Trace y Roy's Greatest Root).

En lo que se refiere al efecto del factor MED (Medición = 3 diferentes puntos en el tiempo), se encuentra un efecto estadísticamente claro ($Pr > F$ menor a 0.0001); sin embargo, el valor de F (139.945) es mucho menor que el que encontramos en el análisis univariado (241.72), lo cual - por los valores grandes de F en ambos casos - no afecta nuestra inferencia sobre el efecto.

El resultado para el efecto del factor TRAT (Tratamiento) corresponde exactamente al resultado del análisis univariado ($F = 3.32$). Este es el resultado que esperamos, porque los cálculos se hacen sobre los tres puntos en el tiempo, así que no nos afecta el hecho que no son independientes. Lo mismo resultaría de un análisis con las medias de las tres mediciones por objeto.

Cuadro 4. Parte de la salida del PROC GLM del Programa SAS®, para un análisis de variancia multivariado de los datos del experimento del Cuadro 1.

Prueba del efecto principal del factor MED

Criterio prueba Manova y estadístico exacto de F para la hipótesis de no efecto MED
 H = Tipo III SS&CP Matrix para **MED** E = Error SS&CP Matrix
 S=1 M=0 N=1.5

Estadístico	Valor	F	GL	GL	Pr > F
Wilks' Lambda	0.01755058	139.945	2	5	0.0001
Pillai's Trace	0.98244942	139.945	2	5	0.0001
Hotelling-Lawley Trace	55.9781709	139.945	2	5	0.0001
Roy's Greatest Root	55.9781709	139.945	2	5	0.0001

Prueba del efecto de interacción MED*TRAT

Criterio prueba Manova y aproximación de F para la hipótesis de no efecto MED*TRAT
 H = Tipo III SS&CP Matrix para **MED*TRAT** E = Error SS&CP Matrix
 S=2 M=0.5 N=1.5

Estadístico	Valor	F	GL	GL	Pr > F
Wilks' Lambda	0.37969347	1.55717	4	10	0.2593
Pillai's Trace	0.62298596	1.35725	4	12	0.3056
Hotelling-Lawley Trace	1.62664659	1.62665	4	8	0.2584
Roy's Greatest Root	1.62229669	4.86689	2	6	0.0555

NOTA: F Estadístico para Wilks' Lambda es exacto.

Prueba del efecto principal del factor TRAT

Procedimiento general de mediciones repetidas en modelos lineales de análisis de varianza
 Prueba de hipótesis para efecto entre sujetos

Fuente	GL	Tipo III SS	Valor F	Pr > F
TRAT	2	83.68518519	3.32	0.1072
Error	6	75.72222222		

En lo que se refiere a la estimación de las interacciones MED*TRAT, el análisis multivariado indica bastante claro que no hay interacción presente ($Pr > F = 0.2593$ de la prueba exacta de Wilk), contrario al análisis univariado que indicó que posiblemente si existen interacciones estadísticamente significativas ($Pr > F = 0.0408$). El resultado del análisis multivariado es el estadísticamente correcto.

OBSERVACIONES FINALES

Las computadoras y los programas estadísticos facilitan mucho los análisis, lo que permite emplear técnicas complejas y evitar errores de computo. Así el investigador puede concentrarse en la verificación de las suposiciones de las técnicas estadísticas a emplear y en la interpretación de las salidas de los programas.

Siempre que se tengan dudas sobre la aplicación de algún procedimiento estadístico es recomendable buscar el apoyo de un biometrista especializado principalmente en la fase de planeación de un proyecto de investigación, así como también en las etapas de implementación y análisis.

LITERATURA RECOMENDADA

Libros introductorios
 Sokal, RR and Rohlf, FJ 1996. Biometry Third edition WH Freeman and Company, New York 884p.
 Zar, J 1996. Biostatistical Analysis Third edition Prentice Hall, New Jersey 662p + Appendix.
 Mendenhall, W; Beaver, RL and Beaver, BM 1999 Introduction to Probability and Statistics. Tenth Edition Duxbury Press. 766p.
 Mendenhall, W; Wackerly, DD and Scheaffer, RL. 1990. Mathematical Statistics with Applications. Fourth Edition PWS-KENT Publishing Company, Boston 818p.

Libros de diseño experimental
 Dean, A; Voss, D 1999 Design and Analysis of Experiments. Springer 740p.
 Kuehl, RO 1994. Statistical Principles of Research Design and Analysis Duxbury Press 686p.
 Mead, R 1988 The Design of Experiments. Reprint 1994 Cambridge University Press. 620p.
 Montgomery, DC 1991 Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica S.A en C V 589p. (Versión en español de la obra Design and Analysis of Experiments por DC Montgomery Wiley. 1991)

Libros sobre muestreo
 Cochran, WG 1980 Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental, S.A. de C V. México. 513p. (Versión en español de la obra Sampling Techniques por WG Cochran. Wiley 3ª edición 1977)
 Lohr, SL 1999 Sampling: Design and Analysis. Duxbury Press 494p.
 Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, RL 1996 Elementary Survey Sampling. Duxbury Press. (5 edición) 501p. (Versión en español de la 3ª edición: Elementos de Muestreo por Scheaffer, Mendenhall, Ott. 1987 Grupo Editorial Iberoamérica S.A en C V. México. 321p.)
 Tryfos, P. 1996. Sampling methods por applied research Text and Cases. Wiley 440p

¿Cómo Hacerlo?

Establecimiento de barbechos con leguminosas

Julio Alegre¹, Abel Meza², Luis Arévalo³

INTRODUCCION

En muchas zonas tropicales es frecuente encontrar suelos ácidos, con altas tasas de saturación de aluminio (tóxico para muchos cultivos) y con bajas concentraciones de nutrientes esenciales (principalmente N, P, K, Ca y Mg), que dificultan el desarrollo de árboles y cultivos. La agricultura tradicional en muchas zonas tropicales ha estado basada en la roza, tumba y quema del bosque, que libera rápidamente los nutrientes acumulados en la biomasa de la vegetación; permitiendo la agricultura durante uno o dos años. Después de ese tiempo, las cosechas disminuyen (extracción de nutrientes, excesos de malezas y aumento de plagas y enfermedades principalmente) y se abandona la parcela dejándola en barbecho (empurmar¹ o descanso), por largos periodos hasta que se recupere la fertilidad inicial.

El periodo de barbecho del terreno permite la recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, ya sea en forma natural con vegetación secundaria espontánea o por especies consideradas como mejoradoras del suelo. Si el agricultor no dispone de otras áreas donde sembrar, o no tiene acceso a fertilizantes o abonos orgánicos, deberá continuar cultivando su antigua parcela durante más años, con la consecuente degradación del suelo y menor producción.

El uso de especies leguminosas que mejoren el suelo es ampliamente conocido por los agricultores. Los efectos benéficos de muchas especies han sido estudiados para diferentes ambientes y tipos de suelo; por ej. el uso de la guaba (*Inga edulis*) o los barbechos con kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en la Amazonía Peruana, donde el agricultor sabe que al cabo de dos años, el cultivo de maíz o arroz siempre producirá muy bien. El objetivo de este

“Cómo hacerlo” es explorar algunas razones por las cuales son útiles los barbechos mejorados y ofrecer algunas recomendaciones para el establecimiento de barbechos cuando se utilizan leguminosas.

¿Cuáles son los mecanismos por los cuales las leguminosas ofrecen mayores ventajas?

1. Recuperan la fertilidad del suelo.

Mediante la simbiosis con bacterias nitrificantes, la gran mayoría de las leguminosas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno del ambiente al suelo, formando nódulos que se adhieren sobre la superficie de las raíces de muchas de estas especies. Otras leguminosas se han asociado con hongos y han aumentado la absorción de fósforo, tales como algunos tipos de Acacias; posibilitando que se produzca una gran cantidad de biomasa en un corto tiempo.



Colubrina glandulosa asociada con *Centrosema macrocarpum* ha probado ser un sistema muy eficiente para restablecer la fertilidad en el corto plazo (Foto: J Alegre)

¹ Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF), Pucallpa, Perú: Carretera Federico Basadre km 4200. Ex-CENFOR. Tel: (064) 57-9222, (064) 57-8704. Fax (064) 57-9078. Apdo. 558 Email: jalegre@cgiar.org ² ICRAF, Perú Email: ameza@cgiar.org ³ ICRAF, Perú Email: larevalo@cgiar.org

Otra forma de recuperar la fertilidad del suelo es mediante la absorción de nutrientes de las capas más profundas del suelo. Los árboles tienen raíces más largas, grandes y en mayor cantidad, por lo tanto, pueden absorber nutrientes de zonas más profundas, donde no llega el área radicular de los cultivos. Los nutrientes, almacenados en raíces, troncos, ramas y hojas al descomponerse son liberados al suelo para ser tomados por los cultivos. De esa manera, otros nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio pueden aumentar sus concentraciones en la capa arable del suelo.



En ocasiones se puede establecer barbechos mejorados con leguminosas herbáceas, como *Centrosema macrocarpum* (Foto: J Alegre).

2. Mantenimiento y mejora de las propiedades físicas de los suelos.

Los cultivos, además de los nutrientes necesitan agua y aire. El desarrollo de los sistemas radiculares de las especies plantadas favorece la infiltración del agua y el aire en el suelo, lo cual significa un mejor aprovechamiento de la lluvia. Además, los tallos son una barrera física contra la escorrentía superficial, que junto con las hojas, ramas y tallos funciona como una esponja absorbiendo el impacto de las gotas del agua y retardando la escorrentía, en especial en zonas de ladera.

3. Reducción de poblaciones de malezas a niveles no perjudiciales para cultivos posteriores.

Leguminosas herbáceas de rápido crecimiento como el Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Centrosema (*Centrosema macrocarpum*) y Stylosanthes (*Stylosanthes guianensis*), son muy eficientes para ocupar suelos desnudos, dificultando el crecimiento de malezas. Árboles como la guaba (*Inga spp*) por su rápido crecimiento, forman una copa tipo sombrilla que no permite la entrada de luz

evitando que las malezas prosperen. Esta cualidad es importante cuando se quieren recuperar terrenos fuertemente degradados

4. Proporcionar productos adicionales para autoconsumo o venta.

Materiales de construcción, leña, alimento para humanos y animales, especies medicinales y otros productos pueden ser obtenidos de muchas especies leguminosas. En el cuadro N° 1 se resume la utilidad adicional de algunas de las especies recomendadas para barbechos plantados. Sin embargo, hay que considerar que la utilización de estos productos podría reducir el efecto benéfico total que pudieran lograr las especies en el suelo.

Características de las especies sembradas como Barbechos

- Ser de fácil propagación: alta germinación de las semillas, estacas con buen prendimiento.
- Ser de rápido crecimiento y alta producción de biomasa (raíces, ramas, hojas, etc.)
- Ser de bajos requerimientos de agua y nutrientes.

¿Cuándo establecer el barbecho mejorado?

Existen diferentes momentos para establecer los barbechos, depende de los gustos de los productores y del tipo de cultivo que se quiere establecer, en la práctica hay tres momentos:

- a) **Después de la cosecha del último cultivo.** Cuando el terreno queda libre y se ha iniciado el periodo de "barbecho o empurmado". En el caso de la selva peruana, estos cultivos son, por lo general, plátano o yuca.
- b) **Simultáneamente con el último cultivo a sembrar.** Se recomienda sembrar el cultivo en filas, para establecer filas intermedias de las especies del barbecho. Así, el desarrollo es paralelo. Sin embargo, pueden ocurrir algunos problemas de competencia por agua y nutrientes.
- c) **Durante el desarrollo del último cultivo.** A mediados del periodo vegetativo del cultivo sembrado se puede establecer el barbecho. De esta forma, se espera que sea poco significativa la competencia por luz, agua y nutrientes.

¿Cómo establecer un barbecho mejorado?

En general, al establecer las especies del barbecho se busca que se cubra el terreno lo más rápido posible. Es preferible utilizar menores distanciamientos, aunque se debe evitar la excesiva competencia entre las especies, tanto dentro del barbecho como con los cultivos que desarrollan simultáneamente. Cuando el periodo es muy largo (5 a más años), los distanciamien-

Cuadro 1. Principales especies nativas e introducidas con aptitud para su establecimiento como barbechos plantados en Trópico.

Nombre común/ tiempo de arbecho	Nombre Científico	Hábito de Crecimiento	Distanciamiento de Siembra	Beneficios que Ofrece
Centrosema (*) 1-2 años	<i>Centrosema macrocarpum</i>	Herbáceo – rastrero	Semillas a 0.50m x 0.50m con control de malezas del campo	Mejora el suelo. Forraje de alto valor nutritivo para ganado y animales menores. Buena cobertura a en sistemas agroforestales. Semilla con buen precio en mercado local.
Kudzu (*) 1-2 años	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Herbáceo – rastrero	Semillas a 0.50m x 0.50 m con limpieza del campo	Mejora el suelo. Forraje de buen valor nutritivo para ganado y animales menores. Es demasiado agresivo para los cultivos.
Stylosanthes (*) 1-2 años	<i>Stylosanthes guianensis</i>	Herbáceo – rastrero	Semillas al voleo sobre las malezas sin hacer ninguna limpieza del campo	Mejora el suelo. Forraje de alto valor nutritivo para ganado y animales menores. Intensa floración atrae abejas melíferas (apicultura).
Amasisa Cerco vivo (*) 2-3 años	<i>Erythrina</i> sp.	Arbustivo – arbóreo	Estacas de 40 – 50cm Plantados a 2m x 2m	Mejora el suelo. Abono verde de alta calidad. Forraje de alto valor nutritivo para ganado y animales menores. Cercos vivos y barreras vivas contra erosión en laderas.
Frijol de palo, "poroto" 2-3 años	<i>Cajanus cajan</i>	Arbustivo	Tres semillas a 2m x 2m	Mejora el suelo. Grano de alta calidad nutritiva hoyo sembrados para alimentación humana y animal.
Madero negro (*) 2-4 años	<i>Gliciridia sepium</i>	Arbustivo	Estacas de 40-50 cm Plantados a 1m x 1m	Mejora el suelo. Forraje de alta calidad nutritiva para ganado y animales menores. Cercos y linderos vivos.
Guaba 2-4 años	<i>Inga edulis</i>	Arbóreo	a) Plántulas transplantadas a 2m x 2m; b) Semillas directas a 1m x 0.50 m en doble hilera	Mejora el suelo. Buena como fruta, buenos precios en mercados locales. Leña de alta calidad. Carbón de buena calidad.
Retama 2-3 años	<i>Senna reticulata</i>	Arbóreo	a) Plántulas transplantadas a 2m x 2m; b) Semillas sembradas directamente a 1m x 0.50m	Mejora el suelo. Leña. Uso medicinal.

*: especies introducidas.

Fuente: Alegre J, Meza A, Rocca L. 1999. Manual de barbechos mejorados. Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería, Pucallpa, Perú.

tos podrían ser mayores. En sitios con pendientes fuertes se pueden plantar los barbechos en surcos de contorno, utilizando el nivel tipo A para evitar la erosión del suelo.

Es posible (conveniente) asociar especies en los barbechos mejorados. Por ejemplo, resultados experimentales mostraron que la asociación Inga - Centrosema logró un enriquecimiento de nitrógeno del suelo más rápido y un control más efectivo de malezas. Además, produjo un crecimiento y producción de biomasa más altos comparado con otros tipos de barbechos.

Es recomendable no quemar la biomasa después de cortar los barbechos; lo mejor es extraer el material grueso para usarlo como leña o madera y dejar las hojas y ramas (< 2.5 cm de diámetro), cortarlas y dejarlas secar por dos semanas antes del siguiente ciclo de cultivos anuales. A largo plazo, después de haber cumplido sus objetivos, el barbecho plantado puede derivar en un sistema agroforestal más completo, que puede incluir cultivos perennes (ej. sistemas multiestratificados), que incluyen especies frutales, maderables, medicinales, etc. o sistemas silvopastoriles, asociando las leguminosas con pasturas y permitiendo la permanencia y alimentación estacional de ganado.

Criterios para la selección de especies en barbechos mejorados en condiciones de campo

Donald Kass¹, Charles Staver²

A pesar que se han probado muchas especies en barbechos mejorados, es difícil indicar cual es la mejor para una situación específica. Se deben considerar las condiciones del sitio, clima, suelo, altura, vientos, condiciones socioeconómicas, necesidades y los usos alternativos de los productores (leña, frutos, alimento para animales, cultivos subsecuentes, control de malezas).

Existe mucho interés en especies que se comporten bien en situaciones difíciles, donde se producen inundaciones, sitios donde existen temperaturas bajas, lugares de suelos ácidos o salinos. El cuadro de este cómo hacerlo muestra los beneficios y desventajas de las especies más utilizados en las Américas.

Desde el punto de vista de los aspectos biofísicos es difícil recomendar una especie en particular para un sitio definido, más aun, cuando se agrega un gran rango de condiciones socioeconómicas. Por esa razón existen bases de datos que pueden ser de mucha ayuda, cuando se quiere realizar alguna recomendación; no obstante, en la mayoría de las ocasiones, las bases de datos no tienen la información estandarizada.

Algunas de las principales Bases de datos se encuentran en instituciones como el ICRAF que tiene una base de datos para árboles de uso múltiple (www.cgiar.org/icraf/inform) con información "en línea" disponible; el IICA tiene una base de datos para abonos verdes, principalmente de herbáceas (disponible solo en diskette);

el ECOCROP de FAO tiene una base de datos de plantas para ciertas condiciones de clima y suelos (<http://ppis.fao.org>) que incluye árboles, pastos, cultivos alimenticios e industriales y abonos verdes.

El Cuadro 1 presenta una serie de especies que pueden ser utilizadas en barbechos mejorados, basados principalmente en las condiciones biofísicas. Algunos aspectos socioeconómicos, como los productos que se pueden obtener de las especies y los usos contemplados han sido incluidos. Para mayor facilidad, las especies han sido clasificadas en herbáceas, arbustivas y arbóreas.

Algunas de estas especies tienen factores antinutricionales. Sin embargo, la mayoría de las especies puede ser consumida por animales cuando constituyen una fracción de la dieta. Además, estudios de la descomposición de hojarasca han indicado que mezclas de especies de lenta y rápida descomposición puede resultar en una tasa de descomposición más alta (Mafongoya *et al.* 1998).

REFERENCIAS

- Duke, JA. 1978 The quest for tolerant germplasm. In Jung, G.A. eds. Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions. American Society of Agronomy Madison, EU p 1-61
- Giller, KE; Wilson, KJ. 1991. Nitrogen fixation in tropical Cropping systems. CAB International. Wallingford, UK 313 p
- Leon, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3ª Edición IICA. San José, Costa Rica 522 p.
- Mafongoya, PL; Giller, KE; Palm, CA. 1998. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry systems* 38: 77-97
- Nair, PKR. 1993. An introduction to Agroforestry. Dordrecht: Kluwer. 499 p.

¹ Profesor Investigador, CATIE, Turrialba, Costa Rica, Tel: (506) 558-2592 fax: 8506) 556-1576 E-mail: dkass@catie.ac.cr ² Profesor Investigador, CATIE-MIP/AF, Nicaragua, tel/fax (505) 265-7114 E-mail: catienic@ibw.com.ni

Cuadro 1. Características de las especies utilizadas en barbechos mejorados (Duke 1978, Nair 1993)

Especies	Resistente a sequía	Resistente a suelos ácidos	Tolera salinidad	Alimento animales	Leña	Resiste inundaciones	Se convierte en maleza	Producción de biomasa	Acumula nutrientes	Presencia micorizas	Problemas competencia	Tolerancia sombra	Tolerancia frío	Controla erosión	Otros productos útiles	Rápida decomposición	Factores anti-nutricionales
Arbóreas																	
<i>Acacia farnesiana</i>	+	-	+	-	+	-	+	+	+	?	-	-	+	+	+	?	-
<i>Acacia mangium</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>Acacia pennata</i>	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>Albizia saman</i>	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>Ainus acuminata (jorullensis)</i>	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
<i>Attalea spp.</i>	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Calliandra calothyrsus</i>	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Casuarina equisetifolium</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Ceiba pentandra</i>	-	+	-	+	+	-	+	+	+	?	-	-	-	+	+	-	-
<i>Cocos nucifera</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Cordia alliodora</i>	+	-	+	+	+	-	+	-	-	?	-	-	-	-	+	-	-
<i>Crescentia alata</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-
<i>Dalbergia sissoo</i>	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
<i>Diplyssa robinoides</i>	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Erythrina fusca</i>	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
<i>Erythrina berteroana</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Erythrina poeppigiana</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Gliricidia septium</i>	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	?
<i>Gmelina arborea</i>	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Grevillea robusta</i>	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>Indigofera hirsuta</i>	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Inga edulis</i>	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Leucaena diversifolia</i>	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Leucaena leucocephala</i>	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Lysitoma bahamensis</i>	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-
<i>Macropitium atropurpureum</i>	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
<i>Melia azedarach</i>	+	-	-	+	+	-	-	+	+	?	-	-	-	+	+	-	+
<i>Mimosa scabrella</i>	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Moringa oleifera</i>	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Parkinsonia aculeata</i>	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	?	-
<i>Pithecolobium saman</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
<i>Prosopis spp.</i>	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	+	+	+	-	+	-	+	+	?	+	+	-	+	+	+	-	+

Continuación Cuadro 1.

Especies	Resistente a sequía	Resistente a suelos ácidos	Tolera salinidad	Alimento animales	Leña	Resiste inundaciones	Se convierte en madera	Producción de biomasa	Acumula nutrientes	Presencia micorrizas	Problemas competencia	Tolerancia sombra	Tolerancia frío	Controla erosión	Otros productos útiles	Rápida decomposición	Factores anti-nutricionales
<i>Sambucus canadensis</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-	?	+	+	+	+	+	?	-
<i>Senna reticulata</i>	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
Arbustivos																	
<i>Cajanus cajan</i>	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-
<i>Clitoria ternatea</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	+	?	+	-	-	+	+	?	-
<i>Crotalaria argentea</i>	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Crotalaria spectabilis</i>	-	-	-	+	-	+	+	+	+	?	+	-	-	+	-	+	-
<i>Cymbopogon curatus</i>	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
<i>Flemingia macrophylla</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+
<i>Lonchocarpus utilis</i>	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
<i>Melilotus officinalis</i>	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
<i>Morus alba</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	?	+	+	+	+	+	+	-
<i>Paspalianthus facataria</i>	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	?	?
<i>Phaseolus coccineus</i>	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
<i>Sebania bispinosa</i>	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-
<i>Syzyosanthus guianensis</i>	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	?	+	-	+	-
<i>Tithonia diversifolia</i>	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-
Herbáceas																	
<i>Arachis pintoi</i>	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>Canavalia ensiformis</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
<i>Calopogonium mucunoides</i>	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>Centrosema macrocarpum</i>	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	?	-
<i>Desmodium ovalifolium</i>	-	+	+	+	-	+	+	+	+	?	-	-	-	+	+	-	-
<i>Dolichos lablab</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+
<i>Fagopyron esculentum</i>	-	+	-	+	-	-	-	+	+	?	+	-	+	+	+	+	-
<i>Lathyrus spp.</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Mucuna spp.</i>	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	?	+	+	+	+	+
<i>Neonotonia wightii</i>	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>Pteraria phaseoloides</i>	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-
<i>Vigna radiata</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-
<i>Vigna unguiculata</i>	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-

Taller sobre *Tithonia diversifolia* en CATIE

Del 7 al 9 se realizó un taller para presentar resultados del Potencial de *Tithonia diversifolia* para aumentar la mineralización y el reciclaje de fósforo en el suelo (Proyecto DFID-R 7188). Representantes de instituciones como la Universidad de Wales, (Bangor) Reino Unido; CIAT de Colombia; ICRAF en Kenya y el CATIE, Turrialba expusieron los trabajos realizados durante los últimos 18 meses del proyecto, incluida una salida al campo.

Aunque nativa de México, *Tithonia diversifolia* se encuentra dispersa en todo el mundo. Su rápido crecimiento en suelos pobres, podría tener un papel importante en la restauración de tierras degradadas y en el control de la erosión. Recientes investigaciones indican que sus tallos y follaje contienen cantidades importantes de nutrientes, muy superiores a la mayoría de las especies utilizadas como barbechos mejorados.

Los objetivos del proyecto fueron :

- 1) Determinar la variabilidad genética de la capacidad de la planta para acumular fósforo (P) y su sensibilidad a la fertilidad del suelo.
- 2) Determinar el papel de micorrizas en la mineralización y absorción de P por la planta y
- 3) Realizar un ensayo de evaluación de germoplasma en suelos con diferentes capacidades para retener fósforo.

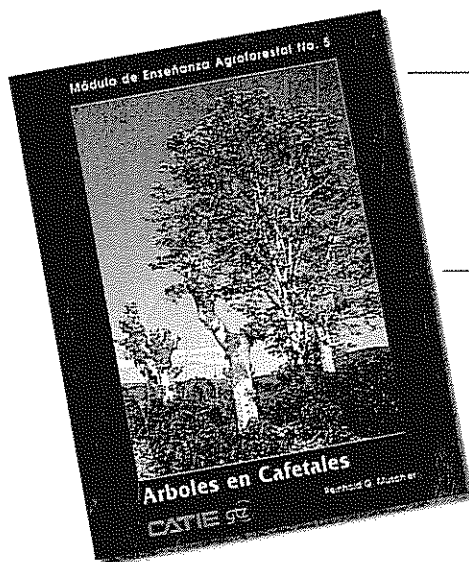
Parte de las investigaciones incluyeron colectas de materiales genéticos de México, Honduras, Nicaragua y Costa Rica (realizada por CATIE); Colombia, Ecuador y Venezuela (CIAT) y Kenya, Indonesia, Uganda, Rwanda y Filipinas (ICRAF). Las muestras de plantas y suelos de los sitios fueron enviados a CIAT para su análisis y se probaron métodos de propagación de la especie. Los resultados indicaron que *T. diversifolia* crece en un amplio rango de ambientes y en suelos con una disponibilidad variable de fósforo. Existe una gran diversidad genética en la acumulación de P, pero también

de otros nutrientes. Se observó una correlación positiva entre el contenido de P de las hojas y el P extraído del suelo por el método de resina, pero no por el método Bray II. Estudios realizadas en CATIE sobre métodos de propagación indican que existen problemas con la viabilidad de semillas; parte de la investigación continuará hasta el año 2002, en colaboración con el Instituto Danes de Investigación Agrícola, la Universidad de Wales y el CATIE.

De acuerdo con el ICRAF en Indonesia, la descomposición de residuos de *T. diversifolia* en el suelo produce liberaciones de citratos que pueden reducir la adsorción de P por el suelo y aumentar la concentración de P en suelos con pH inferiores a 5. Sin embargo, el citrato se descompone en el suelo y sus efectos pueden ser de corta duración. En Kenya se demostró que la aplicación de residuos de *T. diversifolia* tuvieron un mayor efecto sobre los rendimientos de maíz que los residuos de Sesbania o urea. Parece que esta reacción se debe a la mayor cantidad de potasio suplido por los residuos de *Tithonia*.

Los resultados de la Universidad de Wales (Bangor) indicaron que *Tithonia* es una planta que produce mucha biomasa, pero no tiene un mecanismo especial para acumular grandes cantidades de fósforo en el tejido. La funcionalidad del asocio planta-micorrizas es lento en general, pero *Tithonia* puede establecerse fácilmente en suelos deficientes en P. Este resultado indica que la planta tal vez tenga otro mecanismo para obtener P de suelos pobres en este elemento ó estimula el crecimiento rápido de las micorrizas. Además, parece que las micorrizas ayudan a la *Tithonia* para obtener P de las reservas de fósforo en el suelo donde las raíces no pueden llegar por su tamaño. También se cree que *Tithonia* tiene mecanismos para reciclar en forma eficiente el fósforo dentro de la planta. Finalmente se decidió continuar la investigación con esta especie y buscar más fondos para realizar estudios de campo en CATIE y CIAT.

Reseñas Agroforestales



Módulo de enseñanza agroforestal N° 5 Árboles en cafetales

El módulo se encuentra dividido en 10 secciones. La primera sección hace una introducción y una guía de cómo utilizar el módulo. El título de las demás secciones se realiza en forma de preguntas, que facilita la mediación entre capacitadores y estudiantes, plantea preguntas como: ¿por qué plantar árboles? (sección dos), ¿dónde plantar?, ¿cuáles árboles plantar?, ¿cuántos árboles plantar?, ¿cómo plantar y manejar los árboles? y ¿cómo aprovechar los árboles en cafetales; finaliza con tres secciones de perspectivas, referencia y un apéndice de acetatos.

Al igual que los otros módulos de enseñanza agroforestal, cada sección se organiza con conceptos teóricos al inicio y luego una serie de acetatos para apoyar la didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, los cuales incluyen aplicaciones prácticas, estudios de caso y ejemplos

En comparación con otros módulos, árboles en cafetales incluye en los acetatos de apoyo didáctico información relacionada para el instructor, además de indicar cual será el próximo acetato. También contiene un índice de acetatos que ayuda a localizar información particular a quienes realizan la capacitación. Estos cambios indican que cada día se mejora el proceso de aprendizaje del cómo enseñar.

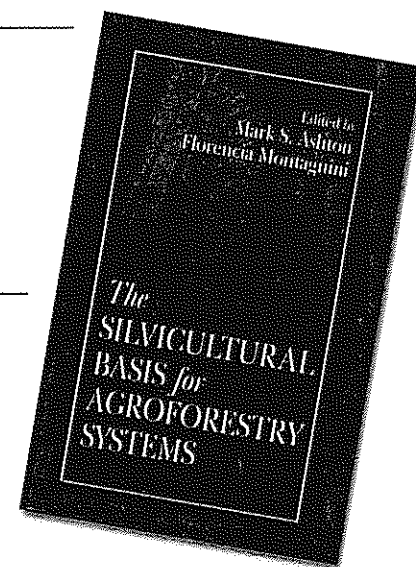
A pesar que las secciones fueron escritas en forma de preguntas, no se incluye una sección de preguntas claves para el instructor, donde se asegure que los conceptos fueron aprendidos (que podría ser un acetato). Otro aspecto que se debe mejorar dentro del módulo es tratar de incorporar algunas "prácticas" o guías para que los estudiantes puedan reflexionar e interiorizar los conceptos vistos en las charlas.

Luis Meléndez Marín
Agroforestal, Editor Agroforestería en las Américas.
CATIE, Turrialba.

The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems

Editado por Mark S. Ashton y Florencia Montaginini

Contrario a otros enfoques, donde la agroforestería es considerada como una ciencia nueva, que necesita de enfoques originales, el presente libro utiliza las metodologías ya existentes en la ciencia de la silvicultura para identificar las aplicaciones a sistemas agroforestales. A pesar que el enfoque contribuye al entendimiento de este tipo de sistemas, lo que los autores consideran sistemas agroforestales se encuentra limitado a formas de uso, donde los árboles juegan un papel dominante. No hay mucha discusión por ejemplo de agroforestería en zonas de amortiguamiento, árboles en contorno para barreras vivas, ni rompevientos.



En la mayoría de las exposiciones, los sistemas se ven limitados a cultivo en callejones, barbechos mejorados, sistemas silvopastoriles y sistemas de sombra. Hay muy poca discusión de las oligoforestas y sistemas naturales con pocas especies, que podrían constituirse en sistemas análogos, más relevante a los sistemas agroforestales. Se podría argumentar que las técnicas silviculturales tienen mayores posibilidades para este tipo de sistemas, sin embargo, el libro da la impresión de un enfoque demasiado cauteloso.

A pesar del conocimiento de los autores sobre agroforestería, todavía quedan muchas interrogantes que deben ser analizadas desde el punto de vista de la silvicultura y que no se encuentran en este libro. No obstante, hay mucha información útil. Las conclusiones a que llegan los autores son válidas. Da la impresión que los autores solamente han iniciado a examinar un tópico de gran interés e importancia.

De los doce capítulos del libro, dos fueron dedicados al papel de la fijación de nitrógeno en sistemas agroforestales; tópico que, al menos para uno de los autores, ha recibido probablemente demasiada atención de los investigadores. Hay un capítulo de ciclaje de nutrimentos que menciona en forma breve las necesidades de las plantas por otros nutrimentos. En 1999, el Agroforestry Forum dedicó un número completo al papel del fósforo en sistemas agroforestales. Muchos autores han identificado fósforo como el elemento más limitante en sistemas agroforestales en zonas tropicales. La bibliografía indica solo dos referencias breves a micorrizas, que tal vez constituye el componente de los árboles de mayor significancia en sistemas agroforestales.

Había grandes expectativas sobre este libro, porque la forestería con sus metodologías ya desarrolladas tienen muchos aspectos que se pueden aplicar y contribuir mucho a la agroforestería. Infelizmente, esfuerzos incompletos como el presente libro fortalecerá la posición de quienes creen en la necesidad de desarrollar nuevas metodologías para la agroforestería. Espero que en una segunda edición se examine en forma detallada la vinculación con los aspectos del tópico.

Donald Kass
Investigador Agroforestal
CATIE, Turrialba.

Agroforestería en el CATIE Bibliografía anotada

423 páginas, CATIE.

Serie Bibliotecología
y Documentación.

Bibliografía no. 27



El libro contiene información sobre alrededor de 50 años de generar información agroforestal, cuando surgió a nivel mundial la primera publicación sobre el tema. La bibliografía anotada contiene la memoria institucional desde 1953.

Contiene más de 700 referencias, que incluyen artículos científicos, tesis de grado, libros y manuales educativos, ponencias en talleres y congresos, estudios de caso y otros materiales técnicos. Para optimizar la recuperación de los diferentes temas específicos, la bibliografía tiene disponibles varios tipos de índices:

- Índices de palabras clave: ordenado alfabéticamente, contiene las palabras clave que permiten localizar la información por temas y el número consecutivo de la (as) referencia (s) que le corresponde.
- Índice de autores corporativos: ordenado alfabéticamente por el nombre de la institución. Indica el autor y el número consecutivo de la (s) referencia (s) que le corresponde.
- Índice de autores personales: ordenado alfabéticamente por apellido del autor. Indica el autor y el número de la (s) referencia (s) que le corresponde.

Esta publicación no se vende, fue realizada para donar a bibliotecas y/o organizaciones gubernamentales dedicadas a promover el desarrollo de sistemas agroforestales.

Para información adicional sobre esta publicación puede escribir a:
Alberto Camero Rey
CATIE, Turrialba
E-mail: acamero@catie.ac.cr

Uso de *Sclerolobium paniculatum* en barbechos mejorados

Silas Mochiutti¹, Nagib Jorge

Melém², João Tomé de Farias Neto³,

José Antônio Leite de Queiroz⁴

INTRODUCCIÓN

La agricultura tradicional de tala-quema-cultivo-barbecho ha sido la causa del aumento de áreas abandonadas y degradadas en la Amazonia, especialmente en regiones donde el periodo de barbecho ha sido insuficiente para la recuperación de los suelos. Se observan extensiones de terreno en el Estado de Amapá, como la zona del Pacuí, dedicada a la producción de mandioca, donde la regeneración secundaria de las especies herbáceas es lenta y los terrenos son quemados anualmente.

El uso de especies para rehabilitar los suelos, principalmente leguminosas arbustivas, ha sido indicado como una alternativa agroforestal para la reducción del periodo de barbecho y la recuperación de áreas degradadas. El *Sclerolobium paniculatum* es una leguminosa arbustiva nativa de la Amazonia, adaptada a diferentes tipos de suelos; cuando se cultiva presenta rápido crecimiento, elevada producción de hojarasca y capacidad de fijación de N, características deseables en las especies con potencial para la rehabilitación de áreas abandonadas (Dias *et al.* 1995).

Esta reseña informa sobre un estudio de caso realizado con *Sclerolobium paniculatum*, una leguminosa arbustiva nativa, adaptada a diferentes tipos de suelos (Dias *et al.* 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue establecido en Pacuí, Amapá, Brasil en 1990, en un terreno de 1.1 ha, abandonado después de dos ciclos de cultivo de mandioca. *S. paniculatum* fue plantado en 0.6 ha, a un espaciamiento de 3 x 2 m (1667 individuos/ha); el resto del terreno fue utilizado como

testigo, manteniéndose como regeneración natural sin intervenciones. El clima de la zona es caliente y húmedo (2300 mm precipitación anual, 26.8 °C temperatura promedio, 92% humedad relativa, 50 msnm). El suelo del área de estudio es un Latossolo Amarillo, franco arenoso (65% de arena, 20% de sílica y 15% de arcilla), con baja fertilidad (pH = 4.84, K = 0.32 mmolc/dm³, Ca+Mg = 5 mmolc/dm³, Al = 14 mmolc/dm³, 6% saturación de bases y 74% de saturación por aluminio).

En 1999 se evaluó el crecimiento de *S. paniculatum*, la deposición de hojarasca y las condiciones de suelo, en una área de 30 x 60 m (1800 m²) y se estimó la producción de biomasa leñosa y de carbón; del barbecho tradicional se determinó el número de plantas leñosas (plantas leñosas > 5cm dap), altura y diámetro a la altura del pecho en una área de 10 x 50 m (500 m²).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El *S. paniculatum* no permitió el crecimiento de otra especie leñosa. Presentó una tasa de sobrevivencia del 74.2%, a los 9 años de edad (Tabla 1). El barbecho tradicional presentó densidades de 700 individuos/ha, pertenecientes a 16 especies (20 % fueron leguminosas arbustivas) y 13 familias taxonómicas, además de un promedio 120 palmas/ha de dos especies diferentes.

La producción de biomasa leñosa del barbecho mejorado (en área basal, biomasa leñosa y producción estimada de carbón) fue superior al barbecho tradicional (Cuadro 1). El tipo de material leñoso del barbecho tradicional fue inadecuado para la producción de carbón.

Cuadro 1. Crecimiento y producción de biomasa leñosa de barbecho tradicional y mejorado con *Sclerolobium paniculatum*, a los 9 años de edad, Amapá - Brasil.

Variable	Barbecho tradicional ¹	Barbecho mejorado
Número de plantas/ha	700	1 237
Altura promedio de plantas (m)	6.5	20.9
DAP promedio (cm)	8.4	15.1
Área basal (m ² /ha)	5.01	25.26
Producción de biomasa leñosa (t/ha)	-	185.7
Producción de carbón estimada en 0.6 ha (m ³)	-	96
Sobrevivencia	-	74*

¹ leñosas con más de 5 cm de Dap.

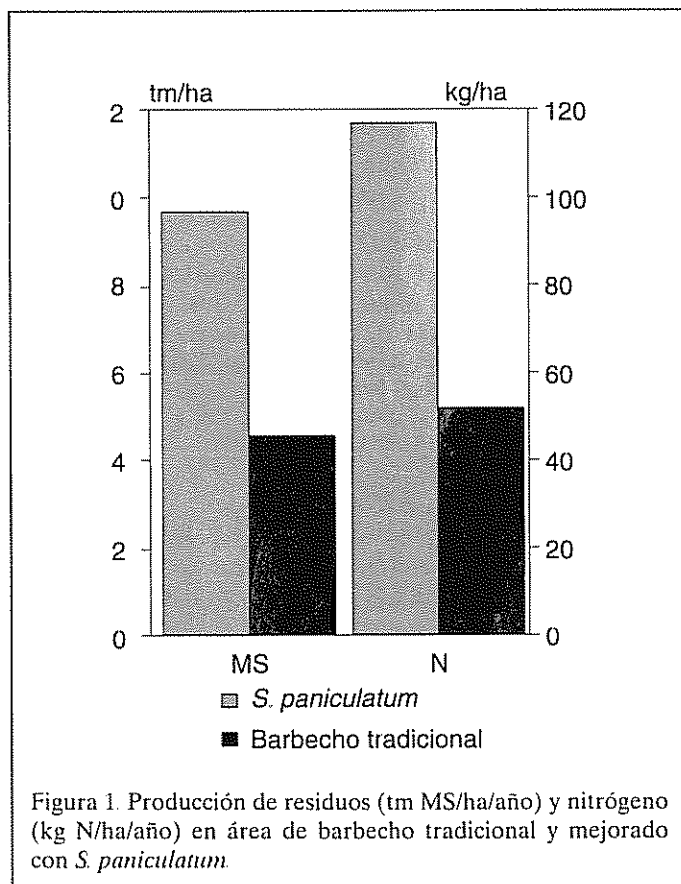
* Sobrevivencia de *S. paniculatum*

* Funcionarios de Embrapa Amapá, C Postal 10 - CEP 68 902-280, Macapá Amapá, Brasil. silas@cpafap.embrapa.br nagib@cpafap.embrapa.br, tome@cpafap.embrapa.br, leite@cpafap.embrapa.br

Se estimó que la producción de carbón en el barbecho mejorado fue de 96 m³, el precio de venta del productor en Macapá - Amapá es de 28 US\$/m³, así el productor tendría un ingreso bruto de US\$ 2688 dólares en 0.6 ha.

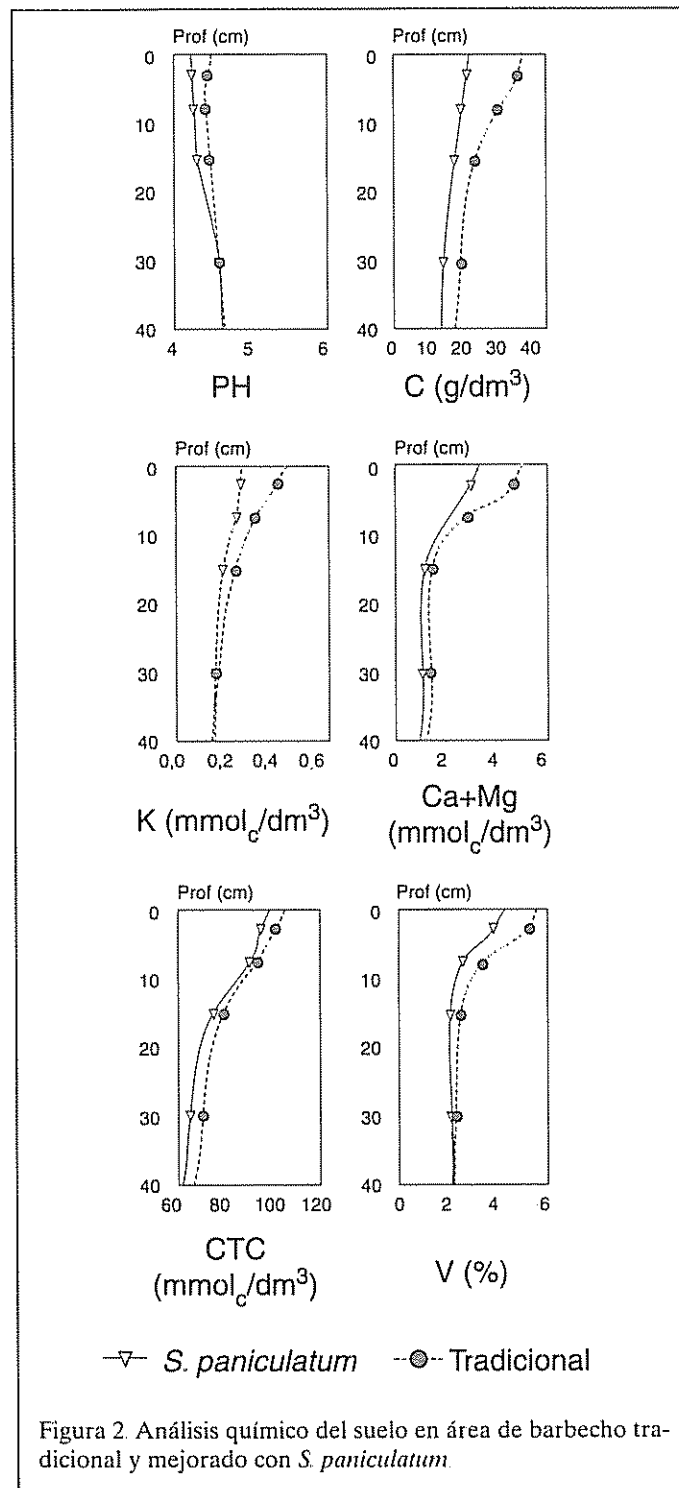
Los ingresos generados al final del periodo de barbecho constituyen un excelente atractivo para la adopción de esta tecnología, solo con este aspecto se logró el interés de los agricultores en el sistema. Sin embargo, los productores de la zona mencionan el costo de producción y en el transporte de plantas como una dificultad para establecer el sistema. El desarrollo de métodos de siembra directa del *S. paniculatum* en asocio con el cultivo de la mandioca facilitará la adopción de la tecnología.

La deposición natural de residuos y el aporte de nitrógeno al suelo fueron superiores (P<0,05) en el barbecho mejorado (Figura 1). El barbecho mejorado produjo 9.6 t/ha/año de MS de hojarasca, siendo comparable a la producción de bosques primarios de la región (Dantas, 1991). La cantidad de N proveniente de la hojarasca en el barbecho mejorado (117 t/ha/año) fue similar a la de bosques primarios en la región (Dantas 1991, Dias *et al* 1995). El barbecho tradicional produjo 4.5 t/ha/año de MS de hojarasca, aportando 51.4 kg/ha/año de N al sue-



lo; resultados inferiores a la mayoría de los trabajos con barbecho de edad similar en la región (Dantas 1991, Ugen y Silva Jr 1998).

El barbecho mejorado presentó una concentración inferior (P<0,05) de CO, K y Ca+Mg en profundidades entre camada de 0-10 cm respecto al barbecho tradicional (Figura 2). Mientras que no se determinó diferencia sig-



nificativa en el pH, P, Al, CIC y V de los suelos en los dos sistemas. La disponibilidad inferior de K y Ca+Mg en la camada superficial del suelo del barbecho mejorado estuvo relacionada con la incorporación de estos nutrientes a la biomasa de *S. paniculatum*; que fue de 4 a 5 veces superior a la del barbecho tradicional. La mayor parte de los nutrientes incorporados a la biomasa estuvieron presentes en las hojas y ramas y estarán disponibles en el suelo, para el futuro ciclo de cultivo, mediante la quema o descomposición de la biomasa.

La menor cantidad de CO determinado en el suelo del barbecho mejorado puede ser consecuencia de la mayor velocidad de descomposición de la hojarasca producida por el *S. paniculatum*, aunque la producción de hojarasca fuera 2.1 veces superior a del barbecho tradicional.

CONCLUSIONES GENERALES

El barbecho mejorado con *S. paniculatum* presentó una elevada producción de biomasa leñosa, permitiendo al agricultor obtener renta adicional cuando se prepara el área para un nuevo ciclo de cultivo.

La elevada producción de hojarasca rica en nutrientes, principalmente en N, en el barbecho mejorado con *S. paniculatum*, califica su uso para la recuperación de áreas degradadas por la práctica de agricultura migratoria.

Para la adopción de este sistema en forma amplia por los productores, es necesario desarrollar técnicas de siembra directa del *S. paniculatum* en asocio con la mandioca.

LITERATURA CITADA

- DANTAS, M 1991 The production of litter and its nutrient content in primary forest and "capoeira" of the eastern Amazon Region *In: Studies on the utilization and conservation of soil in the eastern Amazon Region* Eschborn, Germany Embrapa/CPATU/GTZ p.141-155.
- DIAS, LE; BRIENZA JUNIOR, S; PEREIRA, CA 1995 Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel): uma leguminosa arbórea da Amazônia com potencial para recuperação de áreas degradadas. *In: Manejo e reabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia*. Ed por M Kanashiro y J.A. Parrota. Río Piedras, Porto Rico International Institute of Tropical Forestry. p. 148-153.
- TOMASELLI, I; MARQUES, LCT; CARPANEZZI, AA; PEREIRA, JCD 1983 Caracterização da madeira de Taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) para energia *Boletim de Pesquisa Florestal (Bra)* (6-7):33-44.
- UGEN, K; SILVA JR, JP 1998 Produção de liteira e distribuição dos nutrientes na liteira de um sistema agroflorestal com cobertura de solo na Amazônia central *In: 2th Congresso Brasileiro em Sistema Agroflorestais*. Belém, Brasil. Embrapa-CPATU p 119-121.

CATIE

Programa de Educación para el
Desarrollo y la Conservación

Escuela de Posgrado

Más de medio siglo al servicio del desarrollo agrícola, de los recursos naturales y el bienestar rural de América Latina y el Caribe

Maestría (M.Sc.) en:

- I. **Agricultura Ecológica, con énfasis en:**
 - Recursos Fitogenéticos y Biotecnología.
 - Manejo Integrado de Plagas.
- II. **Agroforestería Tropical, ofrece oportunidad para profundizar en:**
 - Sistemas agroforestales con cultivos perennes;
 - Sistemas agroforestales con cultivos anuales y
 - Sistemas silvopastoriles para pasturas degradados
- III. **Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, con énfasis en:**
 - Manejo y Silvicultura de Bosques.
 - Conservación de la Biodiversidad.
- IV. **Manejo de Cuencas Hidrográficas.**

Proporciona conocimientos y metodologías para la gestión de los recursos hídricos, con un enfoque integrado de los factores biofísicos, socioeconómicos y ambientales.
- V. **Socioeconomía Ambiental, con énfasis en:**
 - Administración y Gerencia Ambiental.
 - Economía y Sociología Ambiental.

Doctorado conjunto (Ph.D.) en:

- I. **Ciencias Forestales Tropicales**
 - II. **Agroforestería Tropical**
- Universidades asociadas al CATIE:

- Universidad Estatal de Colorado (Fort Collins-EUA)
- Universidad Estatal de Louisiana (EUA)
- Universidad Texas A & M (EUA)
- Universidad de Florida (Gainesville - Florida - EUA)
- Universidad de Freiburg (Alemania)
- Universidad de Gottingen (Alemania)
- Universidad de Gales (Reino Unido)



Producir conservando,
conservar produciendo®

Solicite información a:

Escuela de Posgrado / CATIE, 7170,

Turrialba, Costa Rica Tel: (506) 556 1016/6431

Fax: (506) 556 0914/1533

E-mail: posgrado@catie.ac.cr http://www.catie.ac.cr