

REVISTA FORESTAL DEL PERU

Artículos Técnicos Publicados por

CIFOR - INIA

-  **Rehabilitación de suelos forestales degradados en la zona de Alexander von Humboldt, Región Ucayali.** *Auberto Ricse, Julio Alegre*

-  **Síntesis de experiencias de investigación en rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana, con especial referencia a la Región Ucayali, y retos para el futuro.** *M. Soudre, C. Sabogal, A. Ricse*

-  **Composición florística post-quema en áreas degradadas por la agricultura en la Región Ucayali, Amazonia peruana.** *Zoyla Mirella Clavo Peralta, Sandra Roncal García, Auberto Ricse Tembladera, César Sabogal*

-  **Análisis socioeconómico de la adopción de tecnologías de rehabilitación de tierras forestales degradadas en la Región Ucayali, Amazonia peruana.** *Abel Meza López, Patricia Seijas Cárdenas y César Sabogal*

-  **Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana: Revisión de experiencias, lecciones aprendidas y recomendaciones.** *Abel Meza, César Sabogal y Wil de Jong*

-  **Evaluación del potencial agroforestal de *Colubrina glandulosa* Perk ("shaina") en las provincias de Lamas y San Martín, Amazonia peruana.** *Gilberto Ríos Olivares y Gilberto Domínguez Torrejón*

Agosto 2007

Rehabilitación de suelos forestales degradados en la zona de Alexander von Humboldt, Región Ucayali

Auberto Ricse¹

Julio Alegre²

RESUMEN

Se describe un estudio dirigido a demostrar un método para rehabilitar suelos degradados por efecto del corte y quema, utilizando técnicas de mejoramiento de suelos con abonos orgánicos y roca fosfórica así como también con abonos verdes en plantaciones forestales en Ultisoles degradados del Bosque Alexander von Humboldt, en la región Ucayali. Una vez eliminada la deficiencia de fósforo (aplicación de roca fosfórica con 15% de P) en el suelo en estudio se encontró a los seis años de crecimiento un 100% de sobrevivencia y un significativo crecimiento en altura y diámetro para la especie forestal shihuahuaco (*Dipteryx odorata*) con la aplicación orgánica de humus de lombriz. Por otro lado, con la aplicación de compost vegetal los mayores porcentajes de sobrevivencia y crecimiento se dieron con tahuarí amarillo (*Tabebuia serratifolia*) y huayruro colorado (*Ormosia schumkei*).

Palabras claves: Abono orgánico, Amazonia peruana, ensayos de plantación, especies forestales, Ultisoles.

SUMMARY - Rehabilitation of degraded forest soils in the zone of Alexander von Humboldt, Ucayali Region. The study describes an experiment aiming to test a method for rehabilitating Ultisols degraded by slash and burn agriculture in the zone of Alexander von Humboldt, Ucayali Region. The method uses soil improvement techniques with organic manure, rock phosphate (source of 15% of phosphorous) and green manure with tree planting. After eliminating the P deficiency in the soil under study it was found after six years of establishment a 100% survival and a significant height and diameter growth for the tree species shihuahuaco (*Dipteryx odorata*) with the application of earthworm manure. On the other hand, with the application of compost the highest percentage of survival and growth rates were found in tahuarí amarillo (*Tabebuia serratifolia*) and huayruro colorado (*Ormosia schumkei*).

Key words: Organic manure, Peruvian Amazon, tree plantation trials, forest species, Ultisols.

1. INTRODUCCIÓN

La Región Ucayali es una de las más afectadas por procesos de deforestación y degradación de la tierra en la región amazónica (Vivanco y Benzaquén 1996, Meza *et al.* 2006). En los últimos 55 años, en un tramo de 160 km de la carretera Federico Basadre, desde Aguaytía hasta Pucallpa, se produjeron colonizaciones espontáneas y desorganizadas, procedentes mayormente de la región andina. Las malas prácticas de agricultura, ganadería y forestería, así como la ausencia de ordenamiento territorial,

¹ Investigador forestal del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). Estación Experimental Agraria Pucallpa. Email: aricse@inia.gob.pe

² Docente de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Email: jalegre@lamolina.edu.pe

ocasionaron la deforestación de 355,080 ha en el periodo de 1955 y 1989, lo que representa un 21 % del ámbito geográfico de la carretera Federico Basadre (Garayar 2003, IIAP 2003). Posteriormente, éstas áreas fueron “invadidas” por agricultores itinerantes y convertidas en áreas agropecuarias y cocalas. Actualmente se nota el efecto negativo, con grandes superficies convertidas en áreas improductivas, suelos degradados, escasa capacidad de recuperarse o regenerarse en forma natural.

El estudio tuvo como objetivo demostrar un método para rehabilitar suelos degradados por efecto del corte y quema, utilizando técnicas de mejoramiento de suelos con abonos orgánicos, abonos verdes y plantaciones forestales en suelos Ultisoles del Bosque Alexander von Humboldt, en la región Ucayali.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El INIEA y sus socios estratégicos, ICRAF y CIFOR, vienen desarrollando en la región amazónica peruana diversos estudios para rehabilitar suelos degradados a través de plantaciones forestales y agroforestales (Meza et al 2006). Los trabajos de investigación se han enfocado en el manejo de los suelos a través del uso de enmiendas de roca fosfórica para corregir los problemas de acidez y toxicidad de aluminio y al mismo tiempo aplicando abonos orgánicos. Bajo el ecosistema boscoso natural, el reciclaje de nutrientes de la biomasa con materia orgánica constituye la razón principal para el crecimiento y producción de la biomasa. Cuando el bosque es tumbado y quemado, se pierde rápidamente la materia orgánica y se empobrece el suelo. El nutriente más limitante en estos suelos es el fósforo, porque no se recicla fácilmente y gran parte de las reservas de la planta se va en los frutos y semillas de los árboles (Szott 1991).

En Ultisoles de Yurimaguas se determinó la productividad maderera del tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), alcanzando en 21 años 620 pies tablares (alrededor de 1.55 m³) por árbol en un sistema agroforestal en multiestratos compuesto por una palmera, pijuayo (*Bactris gassipaes*) y una especie de madera dura, shaina (*Colubrina glandulosa*), asociadas con guaba (*Inga edulis*), café (*Coffea arabica*) y arazá (*Eugenia stipitata*) (Alegre et al. 1998)

En un estudio de dos años realizado en un suelo infértil y compactado de Pucallpa, se determinaron los siguientes resultados de crecimiento en altura y sobrevivencia para tres especies forestales de valor comercial: Lupuna blanca (*Ceiba pentandra*), 2.4 m y 92 % de sobrevivencia con humus de lombriz; pashaco blanco (*Schizolobium amazonicum*), 2.2 m y

88 % con humus de lombriz; y bolaina blanca (*Guazuma crinita*), 4.4 m y 66 % con roca fosfórica (INIA/ICRAF 1996).

En un ensayo de 12 meses en Pucallpa, con el diseño de elemento faltante, se obtuvo para el ishpingo (*Amburana cearensis*) un crecimiento en altura de 1.9 m y 75 % de sobrevivencia utilizando humus de lombriz; y para bolaina blanca de 1.96 m de altura y 89 % de supervivencia con estiércol de ave (Tueros 1995).

En otro ensayo en Pucallpa se observó el efecto del diámetro y la profundidad de hoyos sobre un suelo compactado y ácido (pH 4.6), con la adición de 200 gr de roca fosfórica, sobre el crecimiento en altura y sobrevivencia de las siguientes especies: capirona (*Calycophyllum spruceanum*), 2.10 m y 87 % de supervivencia en hoyos de 20 x 40 cm; bolaina blanca, 2.06 m y 82 % en hoyos de 20 x 40 cm; caoba (*Swietenia macrophilla*), 1.80 m y 66 % en hoyos de 20 x 60 cm (González 1999).

En un Ultisol de Pucallpa se experimentaron durante 25 meses de crecimiento seis especies forestales con algunos métodos de rehabilitación de "purmas" y tierras degradadas, en condiciones de suelos enmalezados con cashauscha (*Imperata brasiliensis*), sachahuaca (*Baccharis floribunda*) y arrocillo (*Rottboellia cochinchinensis*). Las especies que mostraron buena adaptabilidad en orden de crecimiento fueron: pashaco blanco, seguida de tahuarí amarillo (*Tabebuia serratifolia*), yacushapana amarilla (*Terminalia oblonga*), ishpingo, capirona y tornillo (Soudre *et al.* 2001).

En otro Ultisol en el BNAVH se fertilizó la especie shihuahuaco (*Dipteryx odorata*) con 200 gr de roca fosfórica y 1 kg de abono orgánico (compost vegetal), alcanzando 100 % de supervivencia, 14.80 m de altura y 16.10 cm de diámetro (Dap) en 5 años de crecimiento, mostrando los árboles un porte alto y cilíndrico. En comparación, en suelo cubierto con mucuna, sin fertilización, shihuahuaco alcanzó 80 % de supervivencia, y creció 9.90 m de altura y 13.70 cm de diámetro en el mismo periodo de tiempo (Ricse, comunic. pers. 2006).

3. METODOLOGÍA

3.1 Zona de estudio

El escenario donde se desarrolló el estudio corresponde a la frontera oeste de la región Ucayali, atravesada por la carretera Federico Basadre, cuyas márgenes en una extensión de 5 km a cada lado han sufrido una fuerte intervención humana en forma manual y

mecánica, causando el desbosque y la sobre utilización del suelo en una superficie de alrededor de 160,000 ha. Los terrenos se encuentran generalmente con suelos degradados y altamente enmalezados por vegetación arbustiva secundaria, no permitiendo ningún tipo de cultivo y restringiendo fuertemente la regeneración natural de especies arbóreas.

En la zona del Bosque Alexander von Humboldt los suelos están tipificados como Ultisoles, que son los más extensos de la llanura amazónica de la región. Morfológicamente, estos suelos tienen perfiles profundos y son intensamente edafizados, siendo su principal característica la presencia de un horizonte arcilloso con profundidad de más de 1.5 m y un contenido de arcilla no menor de 20 % en todo el perfil. Según sus características químicas, se trata de suelos muy ácidos (pH menor de 5.0), con alto porcentaje de saturación de aluminio con deficiencia de fósforo (Szott 1991) y una saturación de bases menor del 35 % en el horizonte arcilloso. En general, estos suelos presentan deficiencias nutricionales marcadas (Alegre y Cassel 1999).

3.2 Área experimental

El experimento se estableció en un terreno de 100 x 100 m, de topografía plano - ondulada con pendientes de hasta 30 %. El análisis del suelo al inicio del experimento indicó una textura franco - arenosa, resistencia mecánica de 12.3 kg/cm² a la profundidad de 0-15 cm, altamente ácido (pH de 3.4 a 3.5), alta saturación de aluminio y bajo contenido de materia orgánica (2 %) y niveles de P debajo del nivel crítico de 10 ppm (Alegre *et al.* 1988).

La vegetación anterior en el área fue bosque alto con un dosel superior de árboles de hasta 25 m de altura. Este bosque fue derribado y quemado para ser utilizado para agricultura durante 10 años, quedando una asociación vegetal secundaria o "purma" de entre 5 a 10 m de altura, compuesta por ocuera negra (*Vernonia spp.*), atadijo (*Trema micrantha*), auca atadijo (*Croton tessmanni*), topa (*Ochroma sp.*), cético (*Cecropia sp.*), guaba (*Inga edulis*), shimbillo (*Inga marginata*), aguaje (*Mauritia flexuosa*), pashaco blanco, huamanzamana (*Jacaranda copaia*), cashausha, sachahuaca, arrocillo y braquiaria (*Brachyaria humidicola*).

3.3 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completamente randomizados con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos experimentales fueron: 1) humus de lombriz, 2) estiércol de ave, y 3) compost vegetal y para cada tratamiento se aplicó roca fosfórica; además, se contó con un testigo sin ningún tratamiento.

Se ensayaron siete especies forestales, que fueron: caoba, capirona, estoraque (*Myroxylon balsamum*), huayruro colorado (*Ormosia schumckeii*), quillobordón colorado (*Aspidosperma vargasii*), shihuahuaco y tahuarí amarillo. Estas especies se seleccionaron con base en la densidad de la madera, tasa de crecimiento, arquitectura del árbol, disponibilidad de semillas, silvicultura y requerimiento edafológico (Flores 2005). Además, la selección tuvo en cuenta especies de madera valiosa y especies de madera dura, de largo período de crecimiento y con turno de aprovechamiento entre 30 y 35 años (ENDF 2002).

Las especies forestales se plantaron a una distancia de 5 m entre columnas y 5 m entre árboles y cada parcela estuvo compuesta por 21 árboles de la misma especie.

3.4 Establecimiento del experimento

Material de plantación. Las semillas utilizadas provinieron de los rodales semilleros del Bosque Alexander von Humboldt. Para obtener las semillas en buenas condiciones se siguieron tres métodos de limpieza: (1) los frutos fueron fermentados durante 24 horas (permitiendo que la semilla se desprenda de la parte carnosa) y después las semillas fueron lavadas y secadas sobre mallas en ambiente bajo sombra; (2) los frutos se dejaron secar sobre la malla y posteriormente se extrajeron las semillas en forma manual; (3) los frutos de las especies muy finas se secaron sobre mantas, seleccionando las semillas finas con un tamiz y eliminando así las impurezas.

En las camas de almácigo las plántulas de 3 a 4 cm de alto fueron repicadas en recipientes de plástico con sustrato de tierra agrícola, abono orgánico (70 %) y arena gruesa (30 %), permaneciendo en vivero durante un promedio de cuatro meses. Los plantones se llevaron a terreno definitivo con un tamaño mínimo de 35 cm y tallo lignificado de 6 mm de diámetro en promedio, hojas de color verde característico y abundante sistema radicular.

Preparación del terreno y plantación. La vegetación arbustiva fue rozada con machete y los árboles de menor tamaño se cortaron con hacha. La biomasa (ramas y hojas) se distribuyó uniformemente sobre la superficie del suelo, retirándose manualmente la madera gruesa del área. En los puntos marcados para plantación, un día antes se abrieron hoyos de 20 cm de diámetro por 40 cm de profundidad. La tierra acumulada al abrir el hoyo se mezcló con el estiércol con una pala.

Se emplearon los siguientes abonos orgánicos: estiércol de ave, humus de lombriz y compost vegetal (mantillo de madera descompuesta) en la siguiente proporción: 1 kg de abono orgánico más 200 gr de roca fosfórica por cada hoyo (Gichuru y Sanchez 1988,

Alegre y Chumbimune 1991). Al momento de la plantación se colocó previamente una capa de tierra húmeda de 20 cm de espesor en el fondo del hoyo.

Después de un mes de plantado se realizó el inventario de los plántones muertos por efecto del transporte y manipuleo, procediéndose luego al recalce de los árboles muertos con plántones de la misma especie, edad y tamaño.

Manejo de la plantación. Durante los primeros dos años se realizó un deshierbo o limpieza total de la parcela con intervalos de tres meses. Posteriormente, la limpieza se realizó en forma de "plateo", eliminándose toda vegetación arbustiva, enredaderas y arbustos en un diámetro de 1 m alrededor del árbol.

Las ramas laterales de los árboles plantados fueron podadas, con la finalidad de inducir el crecimiento del árbol y favorecer el desarrollo de la guía o yema apical. La poda de las ramas y hojas anchas se realizó hasta las tres cuartas partes del fuste del árbol, con la finalidad de inducir el crecimiento vertical, especialmente de los árboles de hojas anchas y copas muy densas, como *Dipteryx* y *Cedrelinga*. El material de la poda se colocó al pie de los árboles como abono verde para el reciclaje de nutrientes.

Como cobertura durante el primer año se sembró la leguminosa rastrera kudzú (*Pueraria phaseoloides*), con el objetivo de controlar las malezas, mantener la humedad del suelo y fijar nitrógeno. Al cuarto año, la sombra de los árboles redujo el desarrollo del kudzú, siendo colonizada el área por la gramínea braquiaria y luego reemplazada por la mucuna (*Mucuna cochinchinensis*).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Crecimiento y supervivencia de las especies forestales

En el Cuadro 1 Se presentan los resultados a los 72 meses (6 años) de crecimiento en altura y diámetro (Dap) para las especies forestales ensayadas. En este cuadro solo se muestran las especies con los tratamientos que alcanzaron los mayores rendimientos: shihuahuaco, 11.03 m de altura con humus de lombriz; tahuarí amarillo, 6.33 m de altura con compost vegetal; quillobordón colorado, 5.17 m con compost vegetal; huayruru colorado, 4.27 m con compost vegetal; estoraque, 4.23 m con humus de lombriz; capirona, 3.85 m con humus de lombriz; y caoba, 3.32 m con humus de lombriz. El abono estiércol de ave (gallinaza) se mantuvo en el tercer orden de rendimiento.

En seis años de crecimiento las especies shihuahuaco, tahuarí amarillo y huayruro colorado mostraron un porcentaje de supervivencia del 100 %, mientras que las supervivencias más bajas se tuvieron con estoraque (61.9 %) y caoba (60.3 %) (Cuadro 2). Estas última fue atacada por *Hypsipyla grandella* desde los 11 meses de edad. Las especies con 100 % de supervivencia también lograron la mejor adaptabilidad y crecimiento.

Cuadro 1. Crecimiento de las especies forestales a los 72 meses de edad, con roca fosfórica y cobertura de kudzú y mucuna, en un ensayo en Ultisol degradado del Bosque Alexander von Humboldt, Ucayali

Especies	Altura (m) árboles con tratamiento	Dap (cm) árboles con tratamiento	Tratamiento	Altura (m) árboles testigo	Dap (cm) árboles testigo
Shihuahuaco	11.05	13.69	humus de lombriz	10.50	12.00
Tahuarí amarillo	6.33	10.66	compost vegetal	5.00	10.00
Quillobordón colorado	5.17	6.82	compost vegetal	-	-
Huayruro colorado	4.27	7.37	compost vegetal	4.00	7.00
Estoraque	4.23	5.59	humus de lombriz	4.00	4.60
Capirona	3.85	3.87	humus de lombriz	3.40	2.20
Caoba *	3.32	4.37	humus de lombriz	3.30	4.07

* La caoba fue atacada por *Hypsipyla grandella* desde los 11 meses de edad.

Debido a que los materiales orgánicos que se usaron en los tratamientos en estudio son bajos en fósforo y los suelos Ultisoles mostraron deficiencias, se empleó una dosis de 200 gr de roca fosfórica (por única vez) en las siete especies forestales y los tres tratamientos.

Cuadro 2. Supervivencia de las especies forestales ensayadas a los 72 meses de edad, con tratamiento y las especies forestales testigo, en un ensayo en Ultisol degradado del Bosque Alexander von Humboldt, Ucayali

Especies	Número de árboles con tratamiento por especie en tres bloques	Supervivencia (%) de árboles con tratamiento por especie en tres bloques	Número de árboles testigo por especie	Sobrevivencia (%) de árboles testigo por especie
Shihuahuaco	63	100	7	85.7
Tahuarí amarillo	63	100	7	71.4
Huayruro colorado	63	100	7	71.4
Quillobordón colorado	63	82.5	7	0

Capirona	63	70.0	7	14.3
Estoraque	63	61.9	7	28.6
Caoba *	63	60.3	7	28.6

* La caoba fue atacada por *Hypsipyla grandella* desde los 11 meses de edad.

Los abonos verdes, kudzú y mucuna, controlaron eficientemente las malezas invasoras (90 %), manteniendo la humedad del suelo (10 %) y aportando nitrógeno al suelo (180 a 200 kg /ha). Durante los primeros cuatro años de crecimiento, los árboles aprovecharon el reciclaje de los nutrientes de la cobertura debido a la descomposición de las hojas (como fuera reportado por Palm y Sánchez 1990).

Estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre las especies para los tres tratamientos (humus de lombriz, gallinaza y compost vegetal). Sin embargo, el humus de lombriz en las plantaciones de 1 a 3 años de edad incrementó la producción de materia orgánica en el horizonte A₀ y provocó un ligero aumento en el horizonte A₁, en comparación con la "purma" de 10 años de edad. Esto se debió a la alta producción de biomasa y de los rastrojos secos dejados sobre el suelo, así como al enraizamiento disperso y profundo, sobre todo del kudzú, que tiende a formar raíces muy densas y compactas en los 10 a 12 cm superiores del horizonte Ap.

Las siete especies forestales con tratamiento mostraron una ligera diferencia en el crecimiento (altura y diámetro) con las especies testigo. Sin embargo, las especies con tratamiento, como shihuahuaco, tahuarí amarillo y huayruro colorado, lograron una supervivencia de 100 %, mientras que las mismas especies testigo alcanzaron 85.7 % y 71.4 % de supervivencia, respectivamente. Todos los árboles testigo de quillobordón colorado murieron y los árboles con tratamiento alcanzaron 82.5 % de sobrevivencia.

Las diferencias en el comportamiento silvicultural de las especies en los primeros seis años de establecimiento se atribuye a la alta variabilidad de los suelos Ultisoles del Bosque Alexander von Humboldt y a las propias características genéticas del material utilizado.

4.2 Cobertura con leguminosas arbustivas

El kudzú se estableció en todas las parcelas, creciendo uniformemente hasta el cuarto año y alcanzando a producir 18 t/ha de materia seca. Se estimó que estaba fijando entre 130 a 200 kg de nitrógeno/ha/año (Wade y Sanchez 1984), además de su utilidad como abono verde, manteniendo la humedad del suelo y controlando eficientemente las malezas. Sin

embargo, después del cuarto año, por efecto del sombreado de los árboles, su cobertura disminuyó considerablemente, siendo invadido por *Brachiaria*.

De otro lado, la mucuna fue sembrada como cobertura con un distanciamiento de 50 x 50 cm (50 kg de semilla/ha). En los primeros cuatro meses cubrió el 95 % del área, no permitiendo el rebrote de otras malezas. El aporte de nitrógeno al suelo durante el primer año fue de 190 kg/ha, el mismo que contribuyó al crecimiento de las especies forestales. Después de la caída de las semillas, disminuyó la población, siendo invadida por *Brachiaria*.

4.3 Materia orgánica en el suelo

Antes de la plantación forestal el horizonte A₀ del suelo de la parcela experimental contenía un nivel crítico del 2 % de materia orgánica. Para lograr una capacidad óptima de producción del suelo, se aplicaron abonos orgánicos (humus de lombriz, estiércol de ave y compost vegetal) a razón de 1 kg/planta. Estas aplicaciones elevaron los niveles de materia orgánica en el horizonte A₀ del suelo de 5 % a 8 % en sólo tres meses, debido a que se concentraron alrededor de los hoyos en los que se plantaron los árboles. Estos abonos orgánicos se descompusieron y soltaron nutrientes que fueron asimilados por los árboles durante los primeros 11 meses. También la producción de ácidos húmicos y fúlvicos favorecieron la estabilidad y agregación de las partículas del suelo, dándole a este una estructura más suelta, lo que favoreció la circulación del aire y del agua y algunos resultados similares fueron reportados por Sanchez *et.al.* (1989).

5. CONCLUSIONES

Después de resolver el problema de deficiencia de fósforo de los suelos Ultisoles, al cabo de seis años de establecimiento del ensayo de plantación se encontraron los mejores resultados con las especies forestales: shihuahuaco (*Dipteryx odorata*), tahuarí amarillo (*Tabebuia serratifolia*) y huayruro colorado (*Ormosia schumkei*), que lograron un 100 % de sobrevivencia y alcanzaron un significativo desarrollo en altura y diámetro. El crecimiento fue mejor para shihuahuaco con abono de humus de lombriz, mientras que para tahuarí amarillo y huayruro colorado, el mejor tratamiento fue con abono de compost vegetal. La cobertura con kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y mucura (*Mucuna cochinchinensis*) favoreció el crecimiento de los árboles por el aporte de nitrógeno y el mantenimiento de la humedad del suelo. Los abonos orgánicos incrementaron los tenores iniciales del suelo, contribuyendo con la supervivencia y el crecimiento inicial de las especies.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre J.C., D.K. Cassel, D.E. Bandy. 1988. Effects of land clearing methods on chemical properties of an Ultisol in the Amazon. *Soil Sci. Am. Jo.* 52: 1283-1288.
- Alegre J.C., J.c. Weber, D.E. Bandy. 1998. The potential of Inga species for improved woody fallows and multistrata agroforest in the Peruvian Amazon Basin In. *The genus Inga- Utilization* (ed.: T.D. Pennigton and E.C.M. Fernandez). The Royal Botanic Garden, Kew. Chapter 6. pp 87-100.
- Alegre J.C., R. Chumbimune. 1991. Investigaciones y usos de la roca fosfórica en el Perú. II Reunion de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica, San Cristóbal, Edo. Tachira Venezuela.
- Alegre J.C, D.K Cassel. 1999. Intensive soil management in the humid tropics. Soil management CRSP. Bulletin NO 99-1 N.C. State University Raleigh.
- ENDF (Estrategia Nacional para el Desarrollo Forestal). 2002. Ministerio de Agricultura. Proyecto FAO GCP/PER/035/NET. Lima, Perú. 120 p.
- Flores Y. 2005. Guía para el reconocimiento de la regeneración natural de especies forestales de la Región Ucayali. INIA. Pucallpa-Perú. 80 p.
- Garayar C. 2003. Atlas Regional del Perú / Tomo 16: Ucayali. Lima 2003. 80 p.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana). 2003. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca del Río Aguaytía. IIAP. Pucallpa, Perú. 125 p.
- Gichuru M., P.A. Sanchez. 1988. Phosphate rock fertilization in tilled and no-till low-input systems in the humid tropic. *Agron. J.* 80: 943-947.
- Gonzáles J. 1999. Influencia del diámetro y profundidad de hoyos en el crecimiento inicial de cuatro especies forestales - Pucallpa. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 50 p.
- INIA/ICRAF. 1996. Ensayo sobre diámetro y profundidad del movimiento del suelo en el establecimiento de árboles sobre pasturas degradadas. Informe Final. Instituto Nacional de Investigación Agraria. DGIA. Programa Nacional de Agroforestería y Cultivos Tropicales. E.E.P. Pucallpa, Perú.
- Meza A., C. Sabogal, W. de Jong. 2006. Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonía Peruana. Revisión de experiencias y lecciones aprendidas. CIFOR, Bogor, Indonesia. 90 p.
- Palm C.A, P.A. Sanchez. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica* 22(4): 330-338.

- Sanchez P.A., C.A. Palm, L.T. Szott, E. Cuevas, R. Lal. 1989. Organic input management in tropical agroecosystems *In*: D.C. Coleman, J.M. Oades and E. Uehara (eds.), Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. University of Hawaii Press, Honolulu - Hawaii. pp. 125-152.
- Soudre M., A. Ricse, Y. Carbajal, S. Kobayashi, C. Sabogal, J. Alegre. 2001. Adaptability of six native forest tree species to degraded lands in Pucallpa, Peruvian Amazon. *In*: S. Kobayashi *et al.* (eds.): Rehabilitation of Degraded Tropical forest Ecosystems. Workshop Proceedings, 2-4 November 1999. Bogor, Indonesia. pp. 123-128.
- Szott L.T. 1991. Phosphorous cycling in humid tropical successional forest. *In*: H. Vivanco L., Benzaquén E. 1996. Gran Enciclopedia de la Región Ucayali.
- Tueros L. 1997. Elemento faltante en el crecimiento inicial de 4 especies forestales en suelo de pastura degradada. Tesis Ing. Forestal, Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú.
- Wade M.K., P.A. Sanchez. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. *Agron. J.* 75: 39-45.