

FOSFORO EN EL SISTEMA DE FRIJOL TAPADO

Gloria Meléndez¹

RESUMEN

Fósforo en el sistema de frijol tapado. Se evaluó el efecto de la aplicación de roca fosfórica sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo y la producción y calidad de la biomasa vegetal en el cultivo de frijol tapado. Se determinaron los contenidos de nutrientes y los patrones de liberación de fósforo en algunas plantas presentes en los tapaderos: Paira (*Melanthera aspera*), Mirasol (*Baltimora recta*), Helecho (*Pteridium aquilinum*), Escobilla (*Sida rhombifolia*), Calingüero (*Melinis minutiflora*), Prima Hermana (*Elvira biflora*), Santa Lucía (*Ageratum conizoides*) y Moriseco (*Bidens pilosa*). El experimento se realizó en Bajo Los Arias, cantón de Acosta, Costa Rica. A corto plazo, los resultados muestran una respuesta a la aplicación de roca fosfórica (RF) tanto en el mantenimiento de niveles más altos de fósforo disponible en el suelo, como en el mayor rendimiento de frijol por unidad de fósforo agregado, comparado al tratamiento sin RF. A largo plazo, el efecto residual de la RF incide sobre la regeneración de la vegetación en términos de mayor producción de residuos vegetales, mejor aprovechamiento del fósforo y mayor absorción de nutrientes. Los patrones de liberación de fósforo en las plantas estudiadas no muestran la misma tendencia que los contenidos totales de este elemento en la vegetación. Este trabajo indica que no todas las plantas descomponen y mineralizan fósforo rápidamente pese a sus altos contenidos de fósforo total y viceversa. Esta conclusión lleva importantes implicaciones al reciclaje de fósforo y a la selección y enriquecimiento de las especies presentes en el barbecho para frijol tapado.

ABSTRACT

Phosphorus in the slash/mulch bean system. Rock phosphate effect on soil phosphorus availability and vegetation biomass was evaluated in the slash/mulch bean (frijol tapado) system. Nutrient content and release of inorganic phosphorus pattern was studied in some of the plants frequently found in the field under the slash/mulch bean system: Paira (*Melanthera aspera*), Mirasol (*Baltimora recta*), Helecho (*Pteridium aquilinum*), Escobilla (*Sida rhombifolia*), Calingüero (*Melinis minutiflora*), Prima Hermana (*Elvira biflora*), Santa Lucía (*Ageratum conizoides*) and Moriseco (*Bidens pilosa*). This study was performed in Bajo Los Arias, Acosta county, Costa Rica. Results, in a short period, show there is an answer to rock phosphate treatment both in the maintenance of higher levels of soil available phosphorus and a higher yield of bean seed for unit of phosphorus added as compared to the control without rock phosphate. The residual effect, in a more extended period, deals with fallow regeneration in the sense of enhanced production of biomass,

¹ Esta investigación fue realizada con una donación otorgada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Ottawa, Canadá.

² Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

better utilization of phosphorus and nutrient intake for the bean plant. the phosphorus release patterns of the studied plants are not related to the total content of the element in such plants. This study show that not all the plants decompose and mineralize organic phosphorus fast or slowly despite their high or low contents. This conclusion leads to important considerations respect to the phosphorus cycling and the selection and enrichment of the fallow with some of the species normally present in the slash/mulch system.



El fósforo es considerado el elemento más limitante en muchos suelos del trópico húmedo, debido a la pequeña cantidad total, a su alta retención y poca disponibilidad en el suelo, y a la extracción relativamente alta por los cultivos (Palm *et al.*, 1991). Algunos autores (Bowman & Cole, 1978; Hedley *et al.*, 1982) consideran que para entender mejor la dinámica de P en los suelos tropicales, es fundamental evaluar cambios en sus formas, especialmente en las cantidades y formas orgánicas de P que están más relacionadas con la productividad sostenida de los suelos (Adepetu y Corey, 1976).

La producción de frijol en América Latina está generalmente limitada por P (Schwartz and Gálvez 1980), especialmente en sistemas de bajos insumos que dependen de la fijación de N (Graham, 1981; Singleton *et al.*, 1985). En Costa Rica, hay una larga tradición de cultivar el frijol bajo el sistema "tapado", donde la semilla está sembrada al voleo y cubierta por una capa de restos orgánicos conformada por vegetación secundaria recientemente cortada. Este es uno de los pocos sistemas que aprovecha la vegetación secundaria ("tacotal" o "charral") para formar una capa de mantillo o "mulch" que cubre la superficie del suelo y que a través de procesos de descomposición y mineralización provee al frijol de los nutrientes necesarios, especialmente fósforo.

Actualmente, la presión por el uso de la tierra está obligando a los agricultores de frijol

tapado a reducir el período de barbecho, lo que se traduce en una menor recuperación de la fertilidad de los suelos, menor producción de biomasa y por ende menor reciclaje de los nutrientes, especialmente fósforo (Bellows, 1992). El fósforo es el principal limitante del sistema, pues aún adiciones pequeñas de este elemento aumentaron considerablemente los rendimientos de frijol (Rosemeyer, 1992; Schlatter, 1995).

Ensayos preliminares realizados por el proyecto "Mejoramiento de Sistemas con Cobertura: Frijol Tapado" y la experiencia de los agricultores, corroboraron que la limitación del fósforo era un problema inherente a la biodiversidad vegetal. Por lo tanto era necesario trazar estrategias adecuadas de manejo que permitieran usar eficientemente el fósforo nativo, así como el fósforo aplicado en el cultivo de frijol tapado, combinando una serie de recursos agronómicos y ecológicos.

En investigaciones llevadas a cabo por el proyecto trabajando en parcelas de agricultores en los cantones de Acosta y Coto Brus, Costa Rica, se obtuvo respuesta del frijol a fertilización con roca fosfórica (Briceño *et al.*, 1994; Meléndez *et al.*, 1994; Meléndez, 1995). Los resultados muestran que la aplicación de fósforo tiene un efecto residual prolongado sobre el crecimiento de plantas en el próximo período de barbecho, hay una mayor producción de biomasa y una mayor

eficiencia en el reciclaje de nutrientes que se traduce en mayores rendimientos (Meléndez, 1995).

Los agricultores que practican la tapa de frijol generalmente son de bajos recursos, localizados en zonas de ladera, con problemas de no tenencia de la tierra y con insuficiente acceso a mercado o a capital. Estos y otros factores culturales imposibilitan el uso de insumos externos como roca fosfórica, que hace que pongamos mayor énfasis en la reducción de los costos de producción, especialmente los relacionados a los insumos comprados y las técnicas para aumentar la rentabilidad económica.

PRODUCCION DE BIOMASA Y APOORTE DE NUTRIMENTOS

Para determinar el efecto de la aplicación de fósforo sobre la producción y la calidad de la biomasa, se intentó construir un balance de fósforo en el sistema frijol-barbecho-suelo en parcelas que recibieron y no recibieron roca fosfórica. Se determinaron los contenidos de fósforo disponible en el suelo, en la biomasa recién adicionada o "mulch", en la biomasa muerta o "litter" proveniente de tapas anteriores, en el rastrojo y en el grano de frijol. Además de determinó la producción de biomasa adicionada al sistema en 2 ciclos de producción de frijol.

Caracterización del área

El ensayo se localizó en Bajo Los Arias, región de Acosta, en las laderas del valle del río Candelaria, a 800 msnm, con una vegetación en barbecho de 1 año, donde se ha estado tapando frijol en los últimos 80 años. El suelo está clasificado como un ANDIC DYSTROPEPTS, bien drenado de origen

sedimentario, con evidencias de erosión severa en algunos sectores, con una fertilidad de media a baja.

Características del Experimento

El diseño fue de bloques completos al azar en parcelas de 4 m * 4 m, con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos: roca fosfórica (RF) 200 kg ha⁻¹; Rhizobium; roca fosfórica + Rhizobium y testigo sin insumos. Los tratamientos fueron instalados en el ciclo 1993-1994 y en los ciclos sucesivos se continuó midiendo el efecto residual de los mismos.

Muestreos

En cada parcela de los tratamientos: testigo y roca fosfórica (RF) se tomaron cinco muestras de los primeros 15 cm del suelo de posiciones aleatorizadas, para el análisis de fósforo disponible. La determinación se realizó en húmedo usando membranas intercambiadoras aniónicas (MIA) impregnadas con cloruros. Se optó por el uso de MIA, debido a que las estimaciones convencionales con extractantes químicos para P disponible son ampliamente usados pero su modo de acción y selectividad para la extracción de fósforo no están bien definidas (Curtin *et al.*, 1987).

Para determinar el "mulch" o biomasa adicionada al sistema, se sacó dos muestras por parcela, usando cuadrantes de 0,25 m² de área y se separó entre "mulch" (biomasa viva) y "litter" (biomasa muerta). De la misma forma, a la cosecha se evaluó la cantidad de rastrojo de frijol producido. Las muestras fueron secadas en estufas de aire forzado para su determinación en base seca. Se analizó los contenidos de nutrientes en: la biomasa viva, biomasa muerta, en el rastrojo y en el grano de frijol.

Fósforo disponible en el suelo

Las cantidades de fósforo disponible en el suelo son mayores con la aplicación de RF. La Figura 1 nos muestra que los niveles de fósforo encontrados (4,1 - 8,7 mg P kg⁻¹) en solución en el tratamiento con RF (1993-1994) y donde se evaluó su efecto residual (1994-1995) son mayores que en el testigo sin insumos y para lo reportado en frijol tapado donde la RF fue aplicada directamente al suelo (Meléndez *et al.*, 1994). Estos datos sugieren que la aplicación de la RF sobre el mantillo mantiene niveles altos de P disponible en el suelo resultando en una mayor eficiencia a corto plazo. A largo plazo la regeneración de la vegetación podría estar tomando parte del P residual disponible después de la cosecha de frijol que lo restituye en la próxima tapa (1994-

1995). Resultados similares fueron encontrados por Schlather, (1995) trabajando en cultivos de frijol tapado en el sur de Costa Rica.

Fósforo total en la biomasa

El Cuadro 1 muestra la cantidad de biomasa que se adicionó al sistema en los dos cultivos. La aplicación de RF incrementa en más de 2 t ha⁻¹ la adición de "mulch", mientras que el litter no evidencia cambios notorios en los dos primeros años, porque este material procede de "tapas" anteriores cuando no se había aplicado fósforo. Como las adiciones orgánicas en el primer año fueron similares en todos los tratamientos (Cuadro 1), el aumento en el rendimiento de frijol (Cuadro 2) es atribuido a la mayor pro-

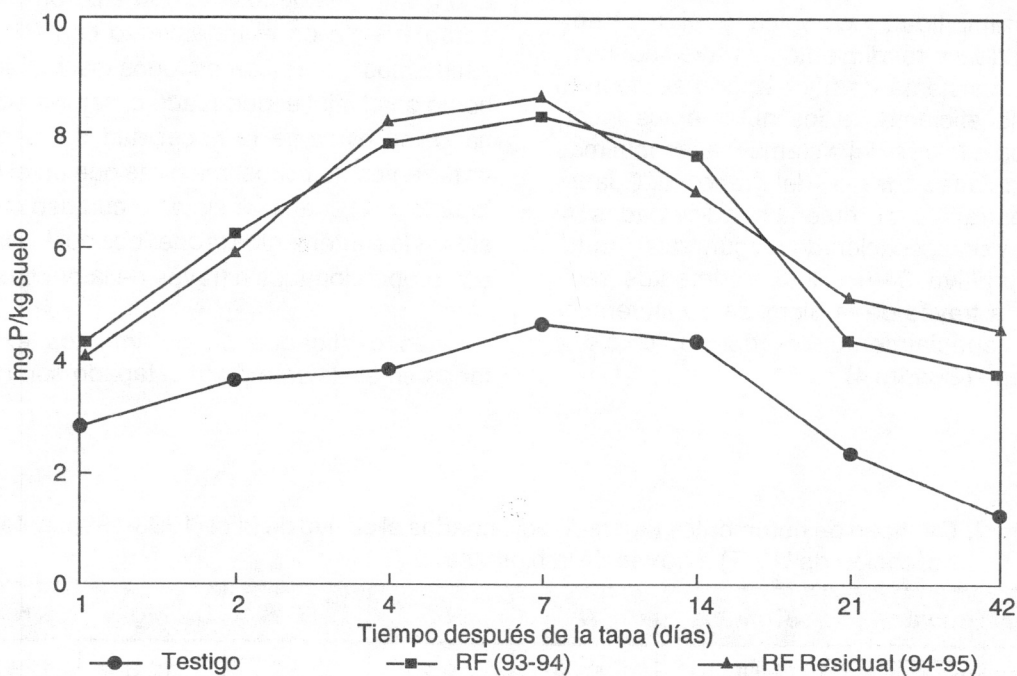


Fig. 1. Fósforo disponible en el suelo.

Cuadro 1. Cantidad de biomasa (ton ha⁻¹) adicionada al cultivo.

Tratamiento	Ciclo (1993-1994)		Ciclo (1994-1995)	
	"mulch"	"litter"	"mulch"	"litter"
Testigo	5,99	2,65	6,18	2,39
Roca fosfórica	6,11	2,21	8,02	2,18

Cuadro 2. Rendimiento de frijol tapado (kg ha⁻¹) en Bajo Los Arias de Acosta.

Tratamiento	Ciclo (93-94)	Ciclo (94-95)
Testigo	870 a	849 b
Roca fosfórica	1024 a	1228 a

ducción de biomasa por efecto de la roca fosfórica.

Investigaciones pasadas sostienen, que la sostenibilidad ecológica y el mantenimiento de los rendimientos a través del tiempo en el sistema de frijol tapado se debe al reciclaje eficiente de los nutrientes incorporados a través del sistema y a las mínimas exportaciones a través del grano. El Cuadro 3 muestra los nutrientes adicionados al sistema sin aplicación de ningún tratamiento. En el cultivo 94-95, los nutrientes reciclados a través de la biomasa se incrementaron especialmente en fósforo, calcio y nitrógeno (Cuadro 4).

Las cantidades de fósforo recicladas a través del "mulch" en el segundo año donde se midió el efecto residual del fósforo, son el equivalente a la adición de fósforo en el primer año en forma de roca fosfórica lo que se traduce en un mantenimiento de los rendimientos y en una mayor disponibilidad de fósforo del suelo.

Los nutrientes también son devueltos al sistema a través del rastrojo. El Cuadro 5 indica las cantidades de calcio y fósforo devueltos en los dos años de cultivo. En el segundo año los niveles de fósforo aumentaron considerablemente en el tratamiento con RF. Si estimamos que retiramos todos los residuos, como en el frijol espequeado o semi-mecanizado, es evidente la necesidad del uso de fertilizantes químicos, mientras que en el frijol tapado o en cualquier sistema con uso de residuos los nutrientes requeridos por la planta son proporcionados a través de la biomasa.

Las cantidades de nutrientes exportados en el sistema de frijol tapado son míni-

Cuadro 3. Cantidad de nutrientes (kg ha⁻¹) adicionados al cultivo de frijol (1993-1994, antes de aplicación de la RF) a través de la biomasa.

Tratamiento	Biomasa	N	P	Ca	Mg	K
Testigo	"MULCH"	56,9	9,2	19,2	13,6	123,3
	"LITTER"	8,0	1,9	7,6	4,3	5,1

Cuadro 4. Cantidad de nutrimentos (kg ha⁻¹) adicionados al cultivo (1994-1995) a través de la biomasa.

Tratamiento	Biomasa	N	P	Ca	Mg	K
Testigo	"MULCH"	60,9	8,2	25,2	12,6	125,6
	"LITTER"	9,6	2,2	9,6	4,8	4,0
Roca fosfórica	"MULCH"	68,2	22,8	32,1	14,4	166,8
	"LITTER"	23,1	2,6	23,5	9,8	17,9

Cuadro 5. Cantidad de P y Ca (kg ha⁻¹) adicionados al cultivo de frijol, a través del rastrojo.

Tratamiento	Ciclo	Produc. rastrojo	Ca	P
Testigo	93-94	384	0,79	1,89
	94-95	346	0,14	2,01
Roca fosfórica	93-94	497	0,64	1,93
	94-95	576	1,99	4,50

mas, como se muestra en el Cuadro 6 excepto para nitrógeno. Aunque haya mayor exportación en el tratamiento con roca fosfórica, aparentemente hay una mayor nodulación que puede aumentar la fijación simbiótica de nitrógeno y aumentar la disponibilidad para la planta (Briceño *et al.*, 1994).

En el sistema de frijol tapado con cero insumos, el mantenimiento de los rendimientos (aunque sean bajos) a través del tiempo

están relacionados con las adiciones de los residuos orgánicos provenientes del barbecho. Las adiciones de RF incrementan la producción de la biomasa y por lo tanto aumentan los contenidos de nutrimentos devueltos al sistema a través de la deposición de los residuos.

Los resultados encontrados nos permiten concluir, que hay una respuesta a la aplicación de RF resultando en mejores rendi-

Cuadro 6. Cantidad de nutrimentos (kg ha⁻¹) exportados en el grano de frijol.

Tratamiento	Ciclo	Produc. grano (kg/ha)	N	P	Ca	Mg	K
Testigo	93-94	774	29,1	3,2	3,3	2,1	13,0
	94-95	676	26,5	3,9	3,7	1,8	11,0
Roca fosfórica	93-94	1024	41,1	4,5	4,7	2,9	28,4
	94-95	1 228	43,8	5,1	4,6	2,2	26,5

mientos de frijol por unidad de P agregado. A largo plazo el efecto residual de la RF incide sobre la regeneración de la vegetación en términos de mayor producción de residuos, mejor aprovechamiento de fósforo y mayor absorción de nutrimentos.

DISPONIBILIDAD DE FOSFORO Y CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE ALGUNAS PLANTAS DEL TAPADERO

El barbecho contiene una diversidad de especies con diferentes tasas de descomposición y de absorción de P del suelo, con una serie de mecanismos involucrados en la adquisición de P por especies adaptadas a condiciones de baja disponibilidad de P. Al cortarse el barbecho, se libera el fósforo a través de múltiples procesos como lixiviación (Swift *et al.*, 1981) y mineralización (Nye y Greenland, 1958; Swift *et al.*, 1981) entre otros.

La experiencia tradicional de los agricultores ha permitido identificar plantas del

tapadero que ellos consideran favorables o desfavorables de acuerdo a sus observaciones (Cuadro 7). Nuestros estudios están dirigidos hacia una sistematización de las especies predominantes en los tapaderos, sus contenidos de nutrimentos y las tasas de descomposición.

Los contenidos totales de nutrimentos en algunas plantas del tapadero se muestran en el Cuadro 8. Las variaciones en los contenidos de los nutrimentos dependen de la especie. Si tomamos en cuenta únicamente el fósforo, los resultados muestran la presencia de plantas extractoras y/o acumuladoras de fósforo, encontrándose valores, bajos, medios y altos. Lamentablemente estos contenidos totales únicamente indican la cantidad potencial que determinada planta puede suministrar al sistema, pero no dicen mucho de la capacidad de liberar este elemento.

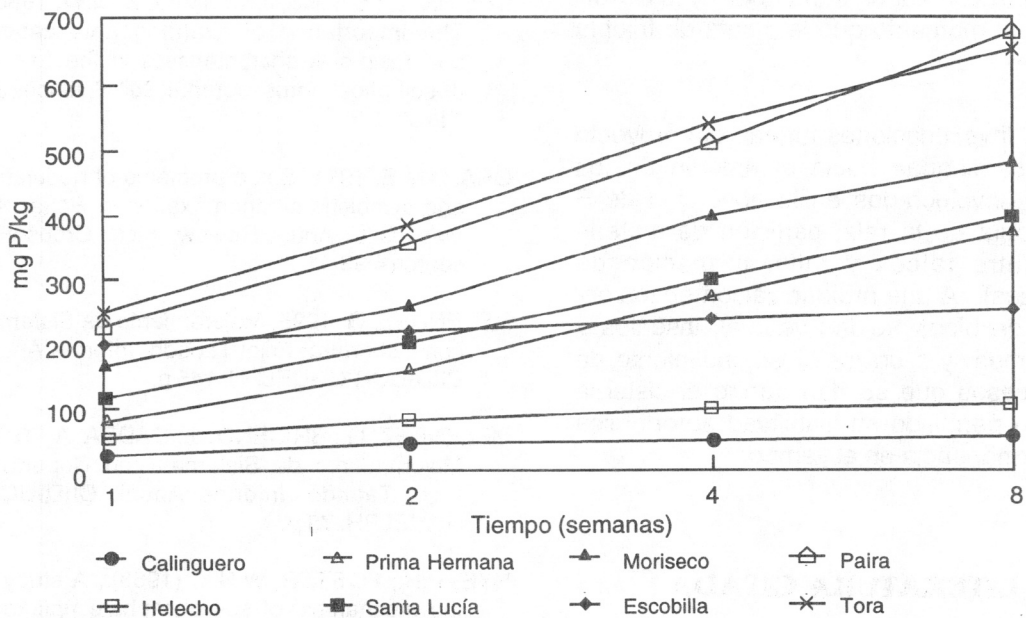
Un ensayo de mineralización a nivel de invernadero permitió conocer los patrones de liberación de fósforo de las plantas estudiadas. Como se muestra en la Figura 2, las plantas tienen diferente comportamiento con respecto a su aporte de fósforo en el tiempo,

Cuadro 7. Plantas frecuentes en los tapaderos (Ocampo, 1984).

Nombre científico	Nombre vulgar	Característica	Observaciones
<i>Melanthera aspera</i>	Paira	Favorable	Fácil manejo, Buen suelo
<i>Baltimora recta</i>	Mirasol	Favorable	Fácil manejo, Buen suelo
<i>Melampodium divaricatum</i>	Botoncillo	Favorable	Fácil manejo
<i>Bidens pilosa</i>	Moriseco	No-favorable	Hospedero de patógenos
<i>Rynchelytrum repens</i>	Seda	No-favorable	Suelo pobre
<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaragua	No-favorable	Rebrote rápido
<i>Sida rhombifolia</i>	Escobilla	Favorable	Buen suelo
<i>Melinis minutiflora</i>	Calinguero	No-favorable	
<i>Elvira biflora</i>	Prima hermana	Favorable	Fácil manejo, Buen suelo
<i>Ageratum conizoides</i>	Santa Lucía	Favorable	Buen suelo
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho	No-favorable	Rebrote rápido, suelos ácidos

Cuadro 6. Contenido de nutrimentos en algunas plantas del tapadero.

Planta	g/kg						mg/kg			
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn
Paira (<i>Melanthera aspera</i>)	9,0	2,5	8,1	2,1	20,3	1,1	66	8	27	44
Mirasol (<i>Baltimora recta</i>)	19,4	3,5	12,7	3,0	46,2	1,2	58	8	62	38
Botoncillo (<i>Melampodium divaricatum</i>)	34,9	2,4	10,0	3,1	48,9	1,7	314	9	34	60
Moriseco (<i>Bidens pilosa</i>)	7,5	1,9	7,4	2,8	14,8	1,3	144	8	32	89
Seda (<i>Rynchelytrum repens</i>)	4,7	1,4	3,3	1,4	10,0	0,9	69	7	37	33
Jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	6,6	1,2	5,7	2,0	12,3	0,9	103	7	32	95
Escobilla (<i>Sida rhombifolia</i>)	9,6	1,1	13,4	3,5	11,7	0,8	363	9	30	115
Calingüero (<i>Melinis minutiflora</i>)	10,5	2,0	3,3	1,5	19,6	1,0	80	7	2	28
Prima Hermana (<i>Elvira biflora</i>)	19,4	1,6	9,9	3,0	26,1	1,3	51	15	46	199
Santa Lucía (<i>Ageratum conizoides</i>)	8,7	3,6	10,1	3,2	23,7	2,6	174	14	68	28
Helecho (<i>Pteridium aquilinum</i>)	5,2	3,1	15,4	3,5	34,9	0,9	118	8	73	124

**Fig. 2.** Mineralización de P, a partir de algunas especies de los tapaderos.

encontrándose especies de muy lenta liberación como helecho (*Pteridium aquilinum*) y calingero (*Melinis minutiflora*) y otras de muy rápida liberación como paira (*Melanthera aspera*) y mirasol (*Baltimora recta*). Merece recalcar la importancia de la cantidad de especies presentes en los tapaderos así como la calidad de las mismas, especialmente en términos de descomposición y liberación de sus nutrimentos.

Después de dos meses de evaluación las especies usadas en la mineralización, únicamente liberaron un máximo del 20 % del P en el caso de la paira y de sólo 1,6 % en el helecho en relación a sus contenidos totales. El conocimiento de los patrones de liberación de fósforo en la vegetación nos da la posibilidad de manipular la vegetación enriqueciéndola con especies extractoras de fósforo e intentar buscar la sincronización entre la liberación de nutrimentos desde la diversidad vegetal en el tapadero y la absorción en el momento que la planta de frijol lo necesite.

Las investigaciones futuras del proyecto van encaminadas hacia el estudio de los factores involucrados en la absorción de P (morfología de la raíz, partición de materia seca entre raíces y tallo, formación de micorrizas). A una profundización en los aspectos de biodiversidad vegetal, insectos y organismos y a un mejor entendimiento de los procesos que se dan dentro el sistema que han permitido su viabilidad agronómica y su permanencia en el tiempo.

LITERATURA CITADA

- ADEPETU, J.H.; COREY, R.B. 1976. Organic phosphorus as a predictor of plant available phosphorus in soil of southern Nigeria. *Soil Science* 122:159-164.
- BELLOWS, B.C 1992. Sustainability of Steep Land Bean (*Phaseolus vulgaris*) Farming in Costa Rica: an Agronomic and Socio-economic Assessment. Ph.D. University of Florida.
- BOWMAN, R.A.; COLE, C.V. 1978a. Transformations of organic phosphorus substrates in soil evaluated by NaHCO₃ extraction. *Soil Science* 125:49-54.
- BOWMAN, R.A. COLE, C.V. 1978b. An exploratory method for fractionation of organic P from grassland soil. *Soil Science* 125:95-101.
- BRICEÑO, J.; GADEA, A.; MATA, R.; MELENDEZ, G.; SOTO, G.; ROSEMEYER, M.; AMADOR, M.; SALAS, R.; ARIAS, F.; MIRANDA, E. MADRIGAL, A.; SALAZAR, J. 1994. Estudio de Sistemas de Producción Tradicionalmente Sostenibles: el caso de frijol tapado. Resúmenes de la XL Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales, 13-19 de marzo, 1994, San José, Costa Rica. Número 20.
- CURTIN, D.; SYERS, J.K.; SMILLIE, G.W. 19987. The importance of exchangeable cations and resin-sink characteristics in the release of soil phosphorus. *Journal Soil Science*. 38: 711-716
- GRAHAM E. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L: *Annual Review. Field Crops Research* 4:93-112.
- MELENDEZ, G. 1995. Mejoramiento de Sistemas con Cobertura: Frijol Tapado. Informe Anual. CIID-UCR-UGUELPH. 145 p.
- MELÉNDEZ, G.; BRICEÑO, J.; GADEA, A. 1994. Mejoramiento de Sistemas con Cobertura: Frijol Tapado. Informe Anual. CIID-UCR-UGUELPH. 78 p.
- NYE, P.H.; FOSTER, W.N.M (1958)., A study of the mechanism of soil phosphate uptake in relation to plant species. *Plant and Soil*,9,338-351.
- OCAMPO, R. 1994. Metodología para la identificación de plantas presentes en Costa Rica.

- In*: A. Soto; W. Koch; G. Jürgens y J. García (eds). Resúmenes del Seminario Integrado de Malezas. *Plits* 3(2):105-114.
- PALM, C.A.; MCKERROW, A.J.; GLASENER, K.M.; SZOTT, L.T. 1991. Agroforestry Systems in the Lowland Tropics: Is phosphorus important? *In*: H. Tiessen, D. López-Hernández, and I. Salcedo (eds.). Phosphorus Cycles in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).
- ROSEMEYER, M.E.; GLIESSMAN, S.R. 1992. Modifying traditional and high-input agroecosystems for optimization of microbial symbioses: a case study of dry beans in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40:61-70.
- SCHWARTZ, H.F.; GÁLVEZ, G.E. 1980. Bean Production Problems. CIAT, Cali, Colombia.
- SCHLATHER, K. 1995. Eficiencia del fósforo en frijol tapado vs frijol espequeado. Simposio Centraamericano sobre Agricultura Orgánica. pp 163-176.
- SINGLETON, P.W.; MAGID, H.M.A.; TAVARES, J.W. 1985. Effect of phosphorus on the effectiveness of strains of *Rhizobium japonicum*. *Soil Science. Soc. Annual Journal* 49: 613-616.
- SWIFT, M.J.; RUSSEL-SMITH, A.; PERFECT, T.J. 1981. Decomposition and mineral-nutrient dynamics of plant litter in a regenerating bush-fallow in sub-humid tropical Africa. *Journal Ecology* 69: 981-995.