

## TASAS DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN CON P PARA EL ESTABLECIMIENTO DE *Centrosema macrocarpum* EN PUCALLPA<sup>1</sup>

César Reyes A.<sup>2</sup> y Miguel Ara G.<sup>2</sup>

### Abstract

*Centrosema macrocarpum* is a tropical legume well adapted to the Pucallpa ecosystem, but lack of information, especially concerning sowing rates and initial P fertilization are preventing its greater utilization as a cover or forage crop in the Peruvian tropics. This study was conducted to determine optimum sowing rates and P fertilization levels for the establishment of *C. macrocarpum*. Three sowing rates (5, 10, and 15 kg seed per ha) and three P initial fertilization levels (0, 20, and 40 kg/ha) were tested from December 1997 to April 1998 using a Randomized Complete Block design, with a Split Plot experimental layout on an acid, infertile Ultisol at the IVITA-Pucallpa Experimental Station. Response variables were plant density and cover at 4, 12, and 20 weeks after planting, and dry biomass at 12 and 20 weeks. Sowing rates significantly increased plant density ( $p < 0.0001$ ), but no differences were detected at each subsequent evaluation after planting. Plant numbers were not affected by the P fertilization level. Sowing rates and P levels, both individually ( $p < 0.0001$ ) and interactively ( $p < 0.0001$ ), significantly increased *C. macrocarpum* cover and dry biomass. The analysis of these responses to the combined effect of sowing rates and P levels at 20 weeks after planting suggests that legume covers of over 80% can be obtained with 5 kg of seed per ha and 20 kg/ha of P. If dry biomass is the response variable of choice, higher P levels (40 kg/ha) and sowing rates (10 kg/ha) are recommended.

**Key words:** *Centrosema macrocarpum*, establishment, sowing rates, P fertilization, Pucallpa.

### Resumen

A pesar de la adaptación de la leguminosa *C. macrocarpum* a condiciones de Pucallpa, no se dispone aún de una tecnología recomendable en cuanto a tasas de siembra y fertilización con P para un crecimiento inicial satisfactorio. Este estudio fue conducido para determinar la tasa óptima de siembra y el nivel de fertilización con P más adecuado para el establecimiento de *C. macrocarpum* como cultivo de cobertura o como forrajera. Tres tasas de siembra (5, 10 y 15 kg/ha de semilla) y tres niveles de fertilización a la siembra (0, 20, y 40 kg/ha de P) fueron ensayados de diciembre de 1997 a abril de 1998 en un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de Parcelas Divididas sobre un suelo Ultisol ácido e infértil de la Estación IVITA-Pucallpa. Las variables de respuesta evaluadas fueron número de plántulas y cobertura de *C. macrocarpum* a las 4, 12 y 20 semanas; y biomasa seca a las 12 y 20 semanas. La tasa de siembra incrementó significativamente ( $p < 0.0001$ ) el número de plántulas, pero no hubo diferencias entre las diferentes semanas de evaluación después de la siembra. La fertilización con P no afectó esta variable de respuesta. Tanto la cobertura como la biomasa seca fueron

<sup>1</sup> Investigación realizada con soporte financiero del CSI-UNMSM. Proyecto 7080125.

<sup>2</sup> Estación Experimental IVITA-Pucallpa. E. mail: ivitapuc@electrodata.com.pe

incrementadas significativamente ( $p < 0.0001$ ) por la tasa de siembra y por la fertilización con P, actuando estas dos variables en forma separada ( $p < 0.0001$ ) como interactivamente ( $p < 0.0001$ ). El análisis de la respuesta en cobertura y biomasa seca, a las 20 semanas después de la siembra, al efecto combinado de tasas de siembra y fertilización sugiere que pueden obtenerse coberturas de *C. macrocarpum* superiores a 80% con 5 kg/ha de semilla y 20 kg/ha de P. Si la respuesta de interés es rendimiento de biomasa, las dosis más altas de fertilización (40 kg/ha) y una tasa de siembra de 10 kg/ha de semilla parecen ser las más recomendables. **Palabras clave:** *Centrosema macrocarpum*, establecimiento, tasas de siembra, fertilización con P, Pucallpa.

## Introducción

La excelente adaptación de la leguminosa *Centrosema macrocarpum* a las condiciones ecológicas de Ucayali le confiere un potencial de uso, tanto para producción forrajera (Keller-Grein y Passoni, 1990; Reyes *et al.*, 1990), como para cultivo de cobertura (Passoni *et al.*, 1990). Sin embargo, la experiencia local a nivel de usuarios ha resultado en problemas de establecimiento por bajo vigor inicial y competencia por malezas.

La tecnología de establecimiento de *C. macrocarpum* aún no es consistente, especialmente en lo que se refiere a densidad de siembra y fertilización. En Brasil, resultados experimentales sugieren tasas de siembra de 3 a 6 kg/ha de semilla (Mendoza *et al.*, 1990). Por otro lado, P es reconocido como uno de los nutrientes limitantes para el establecimiento del género *Centrosema* en zonas tropicales de México (Meléndez *et al.*, 1976). Es probable que en las condiciones ecológicas de Ucayali, planteles iniciales deficientes y la escasez de P en el suelo hayan contribuido a los problemas encontrados en el establecimiento de esta leguminosa.

Este estudio fue conducido para contribuir a la tecnología de establecimiento de *C. macrocarpum* a través de la obtención de tasas recomendables de siembra y fertilización con P en condiciones de Ucayali mediante un ensayo de campo con diferentes cantidades de semilla y niveles variables de aplicación de P.

## Materiales y Métodos

### Lugar experimental

El ensayo se condujo en la Estación Experimental IVITA-Pucallpa en el Departamento de Ucayali. El área de la estación se encuentra en el ecosistema Bosque Tropical Semisiempreverde Estacional (Cochrane, 1982). La altura del área experimental es 270 msnm. La precipitación anual promedio es 2000 mm, con tres meses de escasa precipitación. La temperatura media es 26°C.

Los suelos del área experimental son Ultisoles ácidos e infértiles, con bajos contenidos de materia orgánica (MO), P, y cationes cambiabiles (Cuadro 1).

### Aplicación de tratamientos

El área experimental fue arada en diciembre de 1997, después de lo cual se aplicó una fertilización basal de 26 kg/ha de K en forma de KCl. En el mismo mes se sembró *C. macrocarpum* en tres parcelas de 6 x 12 m con cuatro réplicas. En cada una de las parcelas se aplicaron al azar tasas de siembra de 5, 10 o 15 kg/ha de semilla pura. El método de siembra fue de línea corrida con 0.50 m entre líneas. Dentro de cada una de estas parcelas, y en las cuatro réplicas, se establecieron tres sub-parcelas de 4 x 6 m, dentro de cada una de las cuales se aplicó al azar a la siembra, niveles de fertilización de

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo del área experimental

Profundidad	Arcilla	Arena	pH	MO	N	P	Cationes cambiabiles			Sat. Al
							Ca	Mg	K	
cm	----- % -----			----- % -----		ppm	----- me/100 ml -----		%	
0-20	35.4	36.8	4.3	2.78	0.11	1.00	1.41	1.90	0.11	70.0
20-40	45.4	26.8	4.4	0.74	0.03	1.00	0.77	0.63	0.07	88.8

0, 20 o 40 kg/ha de P en forma de superfosfato triple. A los 15 de la siembra se hizo un control manual en todas las parcelas.

### Variabiles de respuesta

El efecto de las tasas de siembra y de la fertilización en el establecimiento de *C. macrocarpum* fue estimado usando como variables de respuesta (a) el número de plántulas por m<sup>2</sup>, (b) la cobertura y (c) la biomasa seca. El número de plántulas y la cobertura se evaluaron a las 4, 12 y 20 semanas después de la siembra. Ambas fueron determinadas en tres muestras al azar por sub-parcela, mediante el uso de un marco de madera de 1m<sup>2</sup>. La biomasa seca fue evaluada a las 12 y 20 semanas. La biomasa verde en cada marco fue cortada y pesada. Una muestra de 500 g fue secada hasta peso constante en una estufa de ventilación forzada a 60°C. El porcentaje de materia seca fue usado para convertir el peso de biomasa verde a biomasa seca.

### Diseño experimental

El efecto de las variables independientes (tasa de siembra y fertilización fosforada) sobre las variables dependientes (número de plántulas, cobertura, y biomasa seca) fue estimado mediante un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones (Bloques) en arreglo de Parcelas Divididas. Las tasas de siembra fueron acomodadas como parcelas principales y las dosis de fertilización

con P como sub-parcelas. El criterio de bloqueo fue espacial.

Con la finalidad de poder estimar la evolución de las variables de respuesta a través de los diferentes momentos de evaluación (4, 12 y 20 semanas) y su interacción con las tasas de siembra y la fertilización con P, la variable momentos de evaluación (semanas) fue introducida en el diseño como sub-sub-parcela. El Cuadro 2 muestra los diferentes componentes de las fuentes de variabilidad generadas con el uso de este diseño.

El efecto estadístico de las repeticiones y las tasas de siembra fue evaluado usando el efecto Repeticiones x Tasas como error. Para la evaluación del efecto de Fertilización con P y la interacción Tasas x Fertilización se usó el efecto Repeticiones x Fertilización (Tasas) como error. Los demás efectos fueron evaluados usando el error residual. El patrón de respuesta a tasas de siembra y fertilización fosforada fue determinado descomponiendo la variabilidad generada en contrastes lineal y cuadrático. El análisis estadístico fue efectuado con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 6.02 (SAS, 1985).

## Resultados y Discusión

### Efecto de la tasa de siembra

La tasa de siembra incrementó

Cuadro 2. Componentes de la variabilidad generada usando el diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, con densidades como parcelas y fertilización como sub-parcelas. Las diferentes semanas de evaluación han sido introducidas como sub-sub-parcelas.

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Repeticiones	3
Tasas de siembra	2
Tasas lineal	1
Tasas cuadrático	1
Repeticiones x Tasas	6
Fertilización P	2
Fertilización lineal	1
Fertilización cuadrático	1
Tasas x Fertilización	4
Repeticiones x Fertilización (Tasas)	18
Semanas	2 <sup>1</sup>
Tasas x Semanas	4 <sup>2</sup>
Fertilización x Semanas	4 <sup>2</sup>
Tasas x Fertilización x Semanas	8 <sup>3</sup>
Residual	54 <sup>4</sup>

1. 1 para biomasa seca. 2. 2 para biomasa seca. 3. 4 para biomasa seca. 4. 27 para biomasa seca

significativamente el número de plántulas, la cobertura y la biomasa seca ( $p < 0.0001$  para los tres casos) de *C. macrocarpum*, en promedio de los diferentes niveles de fertilización. El número de plántulas promedio (la interacción Tasas x Fertilización no fue significativa) por  $m^2$  fue incrementado de 9 a 15 al aumentarse la tasa de siembra de 5 a 15 kg/ha de semilla, en un patrón lineal ( $p < 0.0001$ ) (Fig. 1). Aunque el componente cuadrático fue también significativo, su magnitud no amerita una hipótesis acerca de un punto de inflexión o un nivel crítico de tasa de siembra para esta variable de respuesta.

El efecto de la tasa de siembra sobre la cobertura de *C. macrocarpum* fue más complejo. Tanto la interacción Tasas x Fertilización como la interacción Tasas x Semanas y la interacción Tasas x Fertilización x Semanas fueron significativas ( $p < 0.0001$  para los tres casos). En promedio de los

niveles de fertilización, la tasa de siembra incrementó la cobertura en forma lineal ( $p < 0.0001$ ) y paralela a las 4 y 12 semanas de evaluación, aunque la cobertura promedio fue mayor a las 12 que a las 4 semanas (Fig. 1). Es interesante notar un patrón cuadrático en la respuesta en cobertura a la tasa de siembra a las 20 semanas (Fig. 1), el cual debe contribuir a la significación ( $p < 0.0121$ ) de este componente en el efecto principal de esta variable independiente. Este patrón sugiere que a las 20 semanas, y a partir de una tasa de siembra de 10 kg/ha de semilla, la cobertura comienza a ser independiente del número de plántulas, lo cual es de esperarse debido al crecimiento rastrero de esta leguminosa. También sugiere que si uno está dispuesto a esperar cinco meses para obtener un plantel de *C. macrocarpum* con una cobertura casi total, 10 kg/ha de semilla es la tasa de siembra de elección.

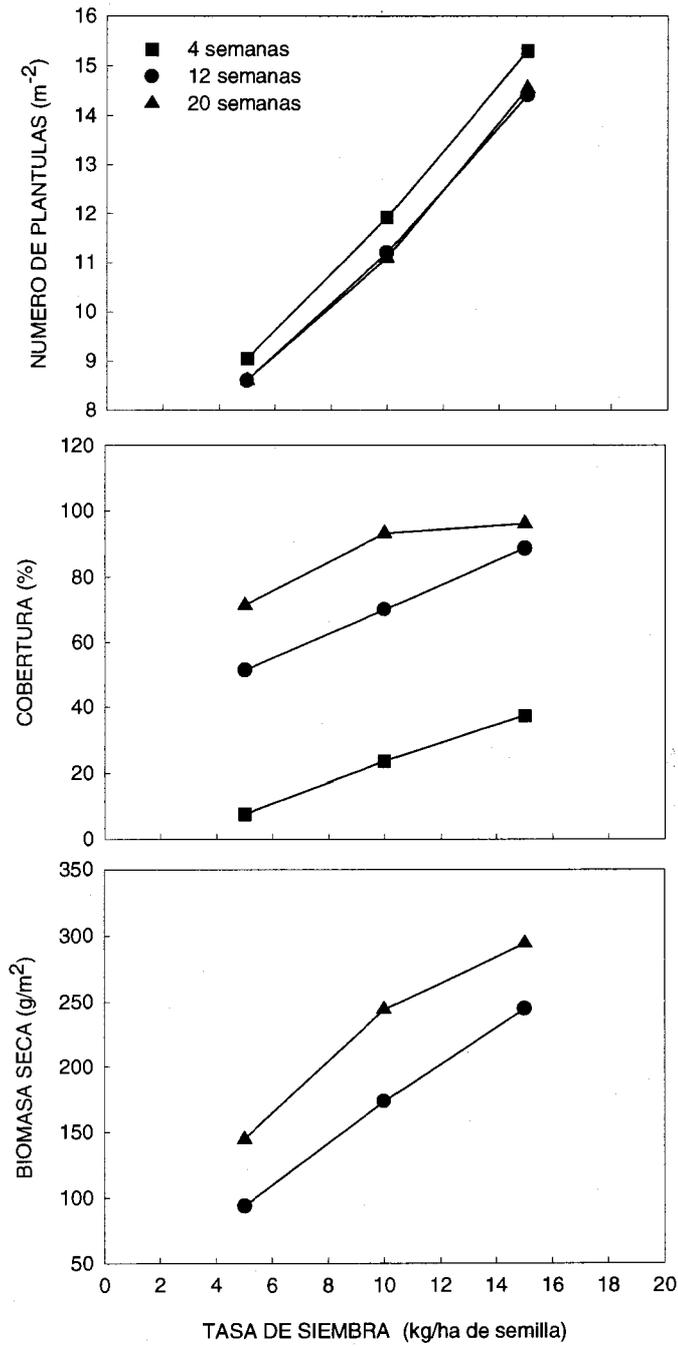


Figura 1. Efecto de diferentes tasas de siembra sobre el número de plántulas, cobertura, y biomasa seca de *Centrosema macropomum* a las 4, 12 y 20 semanas después de la siembra. Promedio de los diferentes niveles de fertilización. Pucallpa, 1998.

El incremento de la tasa de siembra de 5 a 15 kg/ha aumentó la biomasa seca de *C. macrocarpum* de 93 a 244 g/m<sup>2</sup> a las 12 semanas, y de 144 a 294 g/m<sup>2</sup> a las 20 semanas, en promedio de los niveles de fertilización (Fig. 1). Tanto el componente lineal ( $p < 0.0001$ ) como el componente cuadrático ( $p < 0.0137$ ) de esta respuesta son significativos. El componente cuadrático parece estar expresado en la respuesta a las 20 semanas (Fig. 1), aunque no tan marcadamente como en el caso de la cobertura. La interacción Tasas x Fertilización fue significativa ( $p < 0.0001$ ), mas no así la interacción Tasas x Fertilización x Semanas, para esta variable de respuesta. La interacción Tasas x Fertilización será discutida más adelante.

### Efecto de la fertilización con P

La fertilización fosforada tuvo un efecto positivo en la cobertura y en la biomasa seca de *C. macrocarpum* ( $p < 0.0001$  para ambos casos) pero no tuvo efecto alguno en el número de plántulas. En términos de cobertura, la fertilización con P interaccionó con las tasas de siembra y con las semanas de evaluación, como fue mencionado en la sección anterior. En promedio de las diferentes tasas de siembra, el incremento en cobertura debido a la fertilización fue diferente dependiendo de la semanas de evaluación (Fig. 2). A las 4 semanas casi no se observa efecto de la fertilización, sin embargo, a las 12 y 20 semanas el efecto es más marcado y con un componente cuadrático significativo ( $p < 0.0001$ ), el cual sugiere que 20 kg/ha de P es el nivel adecuado para obtener coberturas de aproximadamente 94% a las 20 semanas después de la siembra.

En términos de biomasa seca, la respuesta a la fertilización fosforada, en promedio de las tasas de siembra, es marcada y semejante a las 12 y a las 20 semanas después

de la siembra (Fig. 2). Existe un componente cuadrático significativo ( $p < 0.0002$ ), aunque su magnitud no nos permite sugerir un nivel óptimo de fertilización.

### Interacción Tasas x Fertilización

A excepción de número de plántulas, las variables dependientes muestran una respuesta altamente significativa a la interacción Tasas x Fertilización y en numerosos casos a la interacción Tasas x Fertilización x Semanas. Mientras que en esta discusión no pretendemos analizar todos los efectos simples o simples-simples, los cuales probablemente hayan sido generados por un error experimental relativamente bajo ( $CV = 8.7\%$ ), tampoco podemos dejar de lado estas interacciones, especialmente Tasas x Fertilización, la cual envuelve a las dos principales variables independientes.

La Fig. 3 muestra la respuesta en cobertura y biomasa seca a estos dos efectos en forma conjunta. Para efectos de simplificación hemos restringido nuestro análisis a 20 semanas después de la siembra, previsto que este período representa la duración aproximada de una campaña de establecimiento en las condiciones de Ucayali. Podemos observar que el efecto de la fertilización en la cobertura es mayor cuando se usan bajas tasas de siembra. En esta situación, los niveles crecientes de la fertilización fosforada incrementan la cobertura de 38 a más de 90%. A tasas más altas de siembra, el efecto de la fertilización es menos marcado y, en términos prácticos, inexistente; ya que con 0 kg/ha de P se pueden obtener coberturas de más de 80% usando tasas de siembra de 10 o 15 kg/ha de semilla. Estas tasas son superiores a las recomendadas para el establecimiento de leguminosas de este género (Mendoza *et al.*, 1997), aun cuando las tasas recomendadas parecen dirigidas al establecimiento de la leguminosa en forma asociada.

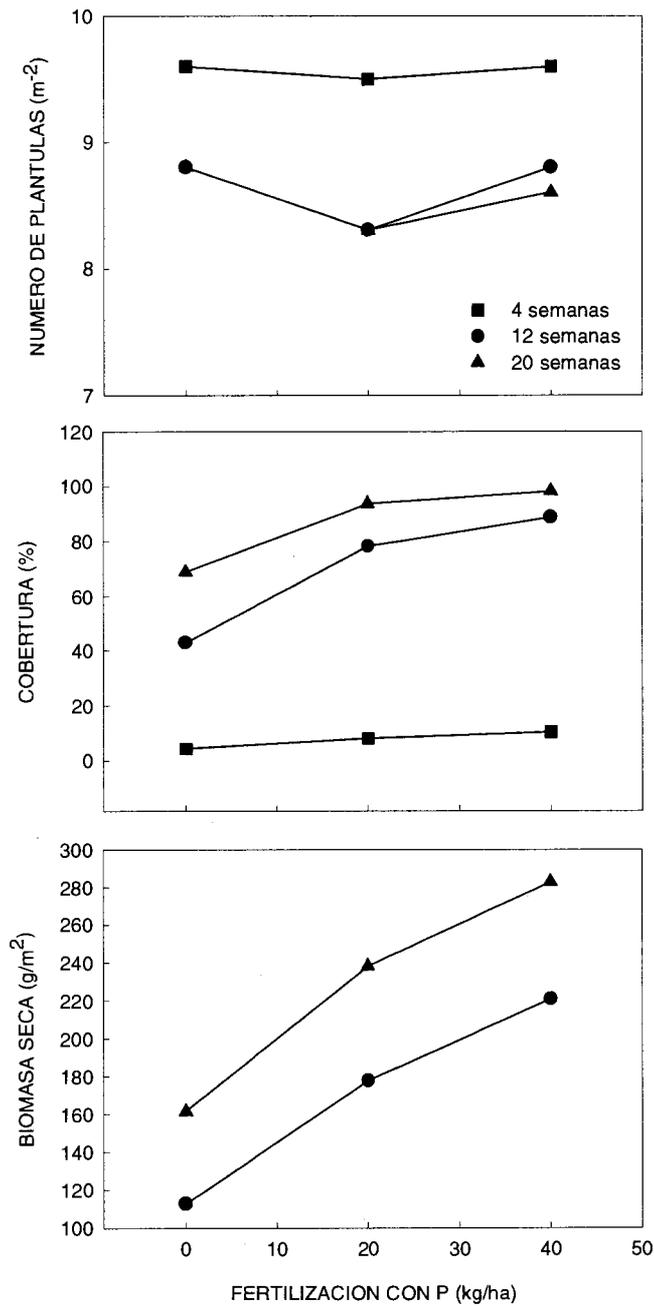


Figura 2. Efecto de diferentes niveles de P sobre el número de plántulas, cobertura, y biomasa seca de *Centrosema macrocarpum* a las 4, 12, y 20 semanas después de la siembra. Promedio de las diferentes tasas de siembra. Pucallpa, 1998.

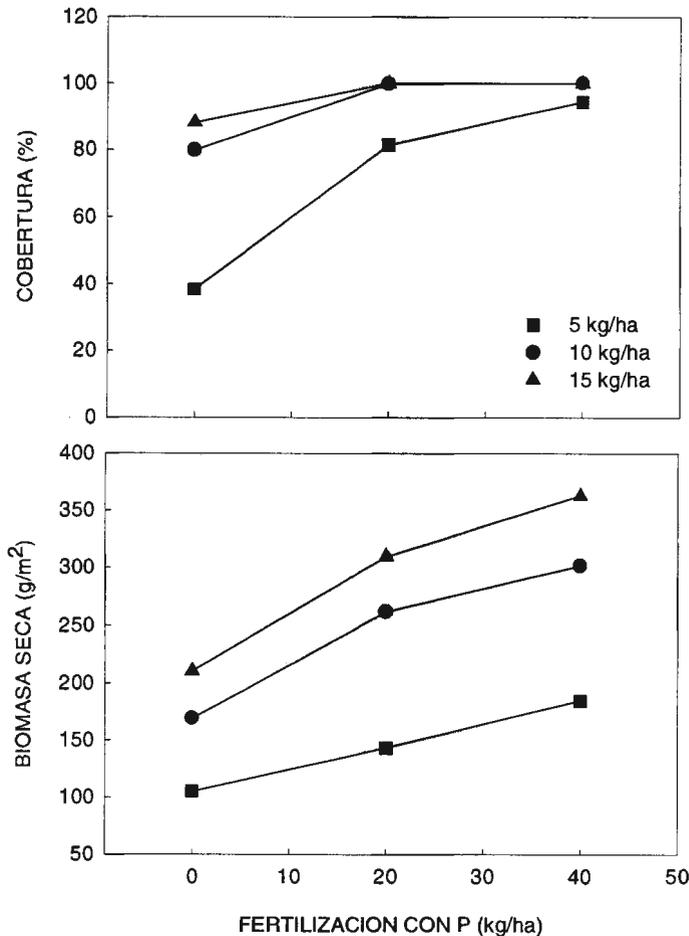


Figura 3. Efecto de la fertilización fosforada en la cobertura y en la biomasa seca de *Centrocema macrocarpum*, para cada una de las tasas de siembra empleadas, a las 20 semanas después de la siembra. Pucallpa, 1998.

La respuesta de la biomasa seca de *C. macrocarpum* a la fertilización parece incrementarse a medida que se usan tasas de siembra más altas. Sin embargo, la diferencia en biomasa entre 10 y 5 kg/ha de semilla es mayor que entre 15 y 10 kg/ha. A diferencia de la respuesta en cobertura, el componente cuadrático es menos aparente en la respuesta en biomasa, especialmente a bajas tasas de siembra. Esta respuesta, prácticamente lineal, es de esperarse, considerando el bajo contenido de P del suelo del experimento.

### Conclusiones

Las tasas de siembra y la fertilización con P incrementan significativamente la cobertura y la biomasa seca de *C. macrocarpum*, individual e interactivamente. La naturaleza de la respuesta fue diferente a las 4, 12 y 20 semanas después de la siembra. La fertilización con P no afectó significativamente el número de plántulas.

El análisis conjunto del efecto de tasas

de siembra y fertilización sugiere que, si se considera 20 semanas como un plazo razonable para establecer *C. macrocarpum*, pueden obtenerse coberturas de 80% con solamente 20 kg/ha de P y a la tasa mínima de siembra (5 kg/ha de semilla). Este resultado es particularmente aplicable si se está planeando usar esta leguminosa como cultivo de cobertura.

Si la cantidad de biomasa es la respuesta de interés, como sucede si se planea usar esta leguminosa como forrajera, los máximos rendimientos se obtienen al aplicar las dosis más altas de P (40 kg/ha). En términos de tasa de siembra, 10 kg/ha de semillas parece lo recomendable para obtener un rendimiento inicial satisfactorio.

#### Literatura Citada

1. **Cochrane, T. 1982.** Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical. p. 23-44. *En* J.M. Toledo (ed.) Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales-RIEPT. CIAT. Cali, Colombia.
2. **Keller-Grein, G. y F. Passoni. 1990.** Evaluación agronómica preliminar de *C. macrocarpum* en Pucallpa, Perú. p. 199-206. *En* G. Keller-Grein (ed.) Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales-RIEPT Amazonía. CIAT Documento de Trabajo 75. Vol I.
3. **Meléndez, F, A. González y J. Pérez. 1976.** Evaluación de roca fosfórica y molibdeno para el establecimiento de *Centrosema pubescens* en suelos de sabana. *Agric. Trop. (México)* 1(1):64-72.
4. **Mendoza, P.E., D. Thomas, J.M. Spain y C.E. Lascano. 1997.** Establecimiento y manejo de pasturas de *Centrosema*. p. 315-341. *En* R. Schultze-Kraft y R.J. Clements (ed.) *Centrosema: Biología, agronomía, y utilización.* CIAT Publicación 280.
5. **Passoni, F., G. Keller-Grein y M. Van Heurck. 1990.** Evaluación agronómica de germoplasma forrajero bajo sombra de una plantación de palma aceitera en Pucallpa, Perú. p. 219-231. *En* G. Keller-Grein (ed.) Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales-RIEPT Amazonía. CIAT Documento de Trabajo 75. Vol I.
6. **Reyes, C. A., G. Keller-Grein y R. C. Pérez. 1997.** Experiencia regional con *Centrosema* : Perú, Bolivia, y Ecuador. p. 489-518. *En* R. Schultze-Kraft, R. J. Clements, y G. Keller-Grein (ed.) *Centrosema : Biología, agronomía, y utilización.* CIAT Publicación 280.
7. **SAS. 1985.** SAS/STAT™ guide por personal computers. SAS Institute Inc. Cary, NC.