

DINAMICA DE LA NODULACION NATURAL Y OTROS PARAMETROS FISIOLÓGICOS DE *CROTALARIA RETUSA* CV. SE-61 EN UN SUELO PARDO SIN CARBONATOS

C.J. Bécquer, Miriam Ramos y L. Hurtado-Luna

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spiritus
Sancti Spiritus, Cuba

Se realizó un ensayo de campo para estudiar la dinámica de la nodulación natural y otros parámetros de *Crotalaria retusa* cv. SE-61 en diferentes estadios fenológicos de la planta, en un suelo Pardo sin carbonatos. En cada etapa evaluativa: vegetativa (1), mediados de floración-formación de los frutos lechosos (2) y maduración de los frutos (3), se determinó que el peso fresco de los nódulos fue diferente y presentó los mayores valores de forma significativa ($\alpha = 0,05$) en la etapa 1 (420 mg/planta) y los menores en la etapa 2 (207 mg/planta). No se encontraron diferencias significativas en el número de nódulos entre las etapas 1 y 2; durante la etapa 3 no se observó presencia de nódulos. El número de frutos por planta tampoco presentó diferencias significativas entre las etapas, aunque sí las hubo ($\alpha = 0,01$) en la longitud de estos, destacándose la etapa 3. Los macroelementos de la parte aérea presentaron sus valores máximos en la etapa 1 (N: 2,95 %; P: 0,34 %; K: 1,17 %; Ca: 2,93 % y Mg: 1,07 %) y los mínimos durante la etapa 3 (N: 2,24 %; P: 0,27 %; K: 0,48 %; Ca: 2,14 % y Mg: 0,77 %). La longitud del tallo principal presentó diferencias significativas ($\alpha = 0,5$) entre las etapas 1 y 2, con aumento de los valores en esta última, pero estos no fueron significativos al comparar las etapas 2 y 3. Se observó superioridad en el rendimiento de nitrógeno en la etapa 2 (2,09 g/planta) en comparación con las etapas 1 (0,40 g/planta) y 3 (1,61 g/planta). Se recomienda realizar estudios más profundos en este sentido.

Palabras claves: *Nodulación natural, Crotalaria retusa cv. SE-61, suelo Pardo sin carbonatos*

A field experiment was carried out in order to study the natural nodulation dynamic, and other parameters of *Crotalaria retusa* cv. SE-61 in different plant phenological stages in a brown soil without carbonates. In vegetative state (1), in middle of the flowering-formation of the milking fruit stage (2), and in fruits ripeness stage (3), was determined that the nodules fresh weight was different, and the highest values were significative ($\alpha = 0,05$) in the first stage (420 mg/plant), and the lowest in the second stage (207 mg/plant). Significant differences were not found in the number of nodules between stages 1 and 2 and the presence of nodules was not observed during the third stage. Significant differences were not presented in the number of fruits per plant among stages, however significant differences ($\alpha = 0,01$) in length were found and the most outstanding was the third stage. The macroelements of the aerial part presented their maximum values in the first stage (N: 2,95 %; P: 0,34 %; K: 1,17 %; Ca: 2,93 % and Mg: 1,07 %) and the minimum values were observed in the stage 3 (N: 2,24 %; P: 0,27 %; K: 0,48 %; Ca: 2,14 % and Mg: 0,77 %). Significant differences ($\alpha = 0,5$) were presented in the principal stem length between the first and second stages with value's increase in the last one; but these values were not significant when it was compared stage 2 with stage 3. Superiority in the nitrogen yield was observed in the second stage (2,09 g/plant) in comparison with the 1st (0,40 g/plant) and 3st (1,61 g/plant) stages. Further deep studies in this sense are recommended.

Additional index words: *Natural nodulation, Crotalaria retusa SE-61, Brown soil without carbonates*

Debido a la importancia que tiene la sustitución de los fertilizantes nitrogenados por otras fuentes alternativas que permitan el uso racional de los recursos, tanto desde el punto de vista económico como ecológico, se hace necesario estudiar las características ecofisiológicas de las leguminosas para su mejor utilización en la práctica agrícola.

Entre las leguminosas que se consideran idóneas para su incorporación al suelo como abono verde se encuentran las del género *Crotalaria*, con más de 600 especies diseminadas en el mundo. La *C. retusa*, objeto de este estudio, es originaria de Sudáfrica y se utiliza como planta de cobertura en Africa ecuatorial francesa (Whyte, Nilsson-Leissner y Trumble, 1967). En este proceso, la fijación del dinitrógeno atmosférico (N₂) por los rizobios juega un papel principal.

Virtanen (citado por Box, 1969) señaló que más de un 50 % del N₂ fijado en los nódulos es excretado y puede ser aprovechado por las demás plantas cultivadas en el mismo suelo, aunque otros autores (Paterson, Sirois, Berndt y Miller, 1983; McLoughlin, Bordeleau y Dunican, 1984; Tang y Silvester-Bradley, 1986) aseguran que no todas las cepas son capaces de producir una fijación simbiótica efectiva y pueden mostrar diferentes habilidades para nodular al ser inoculadas, usadas como mezclas o comparadas con las cepas salvajes del suelo. Por ello, es necesario primeramente estudiar la acción de las cepas salvajes en las diferentes condiciones (Tang, Menéndez, Castañeda y Téllez, 1990).

El presente trabajo tuvo como objetivo hacer un estudio básico preliminar para conocer algunos parámetros fisiológicos de esta leguminosa, entre los que se encuentra su proceso de nodulación con las cepas salvajes del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Se estudió la dinámica de la nodulación natural y otros parámetros fisiológicos en *Crotalaria retusa* cv. SE-61 en un suelo Pardo sin carbonatos (tabla 1). Para ello se empleó una parcela de 400 m² (10 x 40 m) donde fueron evaluadas tres etapas fenológicas de la planta:

Etapa 1. Vegetativa (35 días después de la germinación)

Etapa 2. Mediados de floración-formación de los frutos lechosos (70 días después de la germinación)

Etapa 3. Maduración de los frutos (105 días después de la germinación)

Tabla 1. Características químicas del suelo en el área experimental.

Tipo de suelo	pH (Potenciometría)	P ₂ O ₅ mg/100 g (Machiguin)	K ₂ O mg/100 g (Machiguin)	Ca meq/100 g (Maslova)	Mg meq/100 g (Maslova)	MO % (Walkley-Black)
Pardo sin carbonatos	6,15	3,61	12,64	29,50	9,8	3,43

La siembra en este suelo, que representa el 18,5 % de los suelos de la provincia Sancti Spíritus (Hernández, 1989), se efectuó a finales de octubre; se preparó el suelo de forma convencional (rotura, grada, cruce, surque) y entre las labores transcurrió un período de 15 días. Se escarificaron las semillas en agua caliente y no se usó fertilizante ni riego.

En la tabla 2 se refleja el comportamiento climático del período de evaluación. Se tomaron tres muestras de los surcos laterales en cada etapa evaluativa y se determinó el número de nódulos/planta, para lo cual se utilizó el método descrito por Pynenborg, Valenzuela, Oller, Barba, Prado y Aguirre (1994). Se analizó asimismo el peso fresco de los nódulos, la longitud de los frutos (cm), los macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) de la parte aérea (%) (AOAC, 1965), el rendimiento de materia verde y materia seca, el rendimiento de N en la parte aérea (g) y la longitud del tallo principal (cm).

Los procedimientos estadísticos utilizados fueron el cálculo de las medias, la desviación y error típico, el coeficiente de variación entre réplicas (Lerch, 1977) y el índice de significación (t) por la tabla de Student (Ivanov, 1976).

Tabla 2. Algunos datos climáticos durante el período experimental.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Octubre/93	231,3	26,9	84,0
Noviembre/93	-	26,0	85,0
Diciembre/93	1,6	24,1	85,0
Enero/94	0,7	23,6	84,0
Febrero/94	-	25,3	81,0

RESULTADOS

En el análisis del peso fresco de los nódulos (fig. 1) se obtuvieron los mayores valores de forma significativa ($\alpha=0,05$) en la etapa 1 (420 mg/planta) y los menores en la etapa 2 (207 mg/planta). No se encontraron diferencias significativas en el número de nódulos/planta entre las etapas y durante la etapa 3 no se registró presencia de nódulos.

El número de frutos/planta tampoco presentó diferencias significativas entre las etapas (fig. 2). Hubo diferencias altamente significativas ($\alpha=0,01$) en la longitud de los frutos durante las etapas 2 y 3, con valores superiores en esta última.

Los macronutrientes de la parte aérea (fig. 3) presentaron sus valores máximos en la etapa 1 (N: 2,95 %; P: 0,34 %; K: 1,17 %; Ca: 2,93 % y Mg: 1,07 %) y los mínimos en la etapa 3 (N: 2,24 %; P: 0,27 %; K: 0,48 %; Ca: 2,14 % y Mg: 0,77 %).

El rendimiento de materia verde (fig. 4) entre las etapas arrojó diferencias altamente significativas ($\alpha=0,01$), con valores superiores en la etapa 2 (351,93 g/planta) y algo inferiores en la etapa 3 (232,53 g/planta). Similares resultados mostró el rendimiento de materia seca, con su valor máximo en la etapa 2 (79,2 g/planta).

El rendimiento del nitrógeno se muestra en la figura 5, con superioridad en sus valores en la etapa 2 (2,09 g/planta), comparados con el resto de las etapas (0,40 y 1,61 g/planta en 1 y 3 respectivamente).

La longitud del tallo principal (fig. 6) presentó diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre las etapas 1 (29,4 cm) y 2 (55,0 cm), con un aumento en los valores de esta última; estas fueron no significativas entre las etapas 2 y 3.

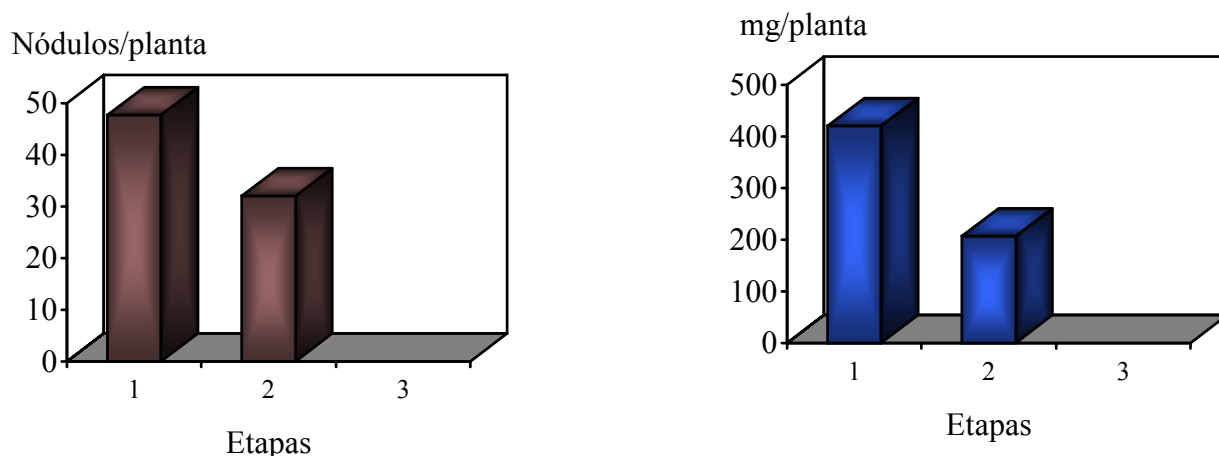


Fig. 1. Número y peso de nódulos/planta.

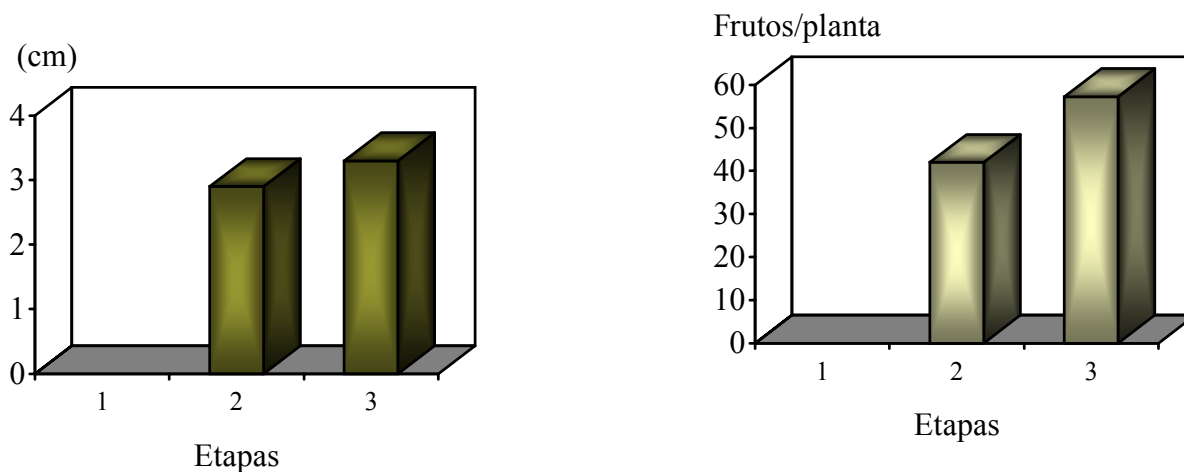


Fig. 2. Longitud y número de frutos/planta.

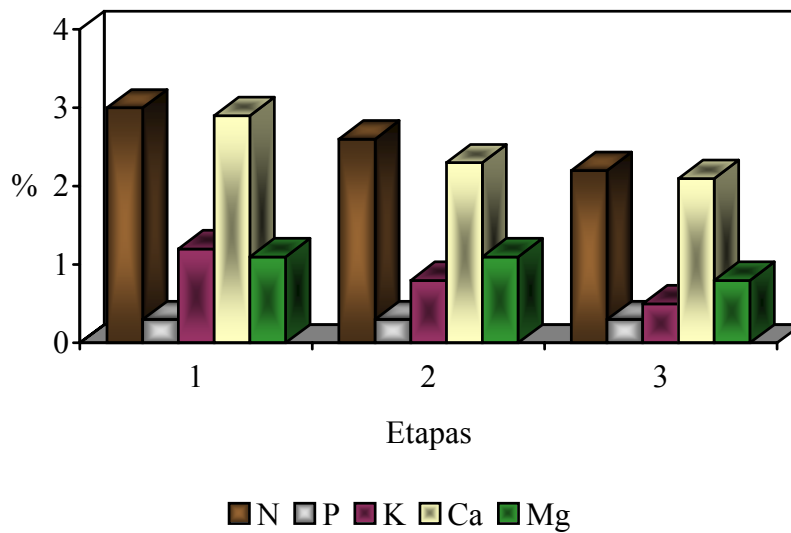
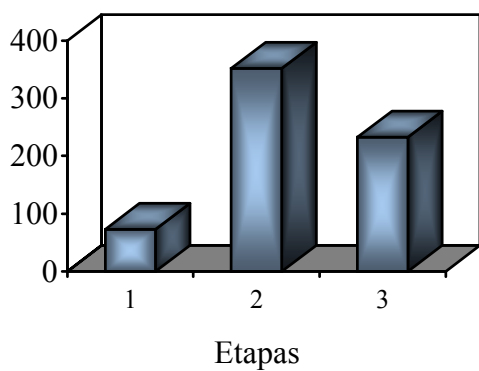


Fig. 3. Macroelementos de la parte foliar.

MV (g/planta)



MS (g/planta)

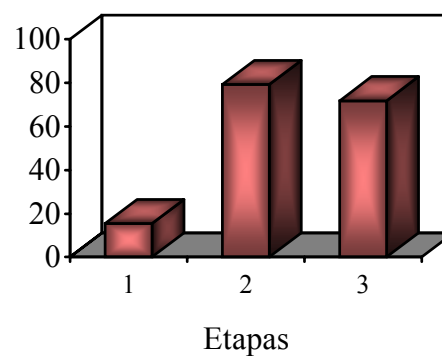


Fig. 4. Rendimiento de materia verde y materia seca.

N (g/planta)

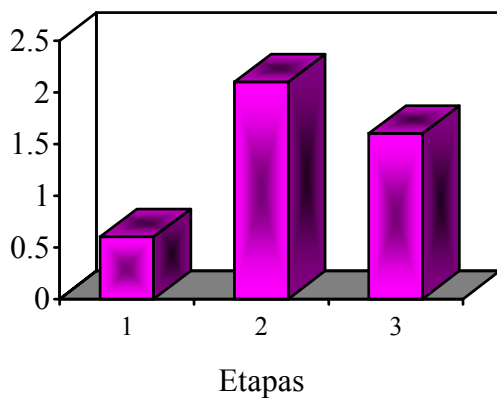


Fig. 5. Rendimiento de nitrógeno.

(cm)

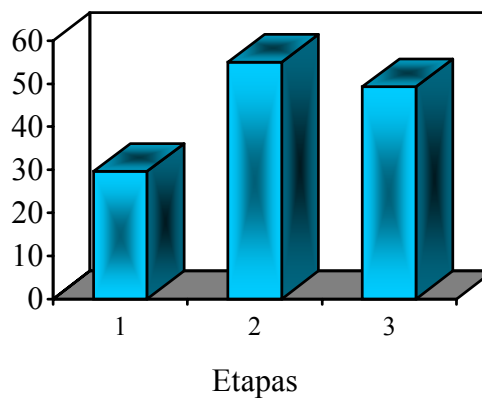


Fig. 6. Longitud del tallo principal.

Se observaron ataques de *Utethesia ornatrix venusta* en las hojas y los frutos.

DISCUSION

El número de nódulos/planta y el peso de los mismos decrecieron a medida que el estadio fenológico avanzó y se observó una total ausencia de estos en la etapa de maduración de los frutos, lo cual coincide con lo expresado por Russell (1973), quien planteó que la longevidad de los nódulos de las plantas anuales depende de la condición fisiológica de estas y los mismos tienden a desaparecer en la floración y en la formación de los frutos, presumiblemente debido a que las flores y los frutos nacientes toman los carbohidratos de la reserva de la planta y las semillas jóvenes el nitrógeno necesario de los compuestos nitrogenados de los nódulos. También FAO (1983) asegura que en la competencia entre los rizobios y los órganos reproductores de la planta por el suministro de los productos de la fotosíntesis, los últimos salen favorecidos por estar más cerca de las hojas. Así mismo, Pynenborg et al. (1996) afirman que el N acumulado en el follaje es redistribuido por la planta hacia la fructificación (vainas en grano), y como consecuencia, los nódulos mueren.

Los resultados obtenidos en el número de frutos/planta y la longitud de estos refuerzan estas afirmaciones, ya que sus valores crecieron a partir de la formación de frutos lechosos, lo que coincidió con el decrecimiento de los nódulos.

Al analizar los macroelementos de la parte aérea, estos decrecieron y alcanzaron los valores porcentuales mínimos durante la maduración de los frutos. Herrera (1983) afirmó que durante el período de máximo desarrollo la planta necesita una gran cantidad de sustancias y energía que son producidas en las hojas, pero cuando esta envejece dichas funciones disminuyen; también Gomide, Neller, Mett, Conrad y Hill; Combellas y González; Herrera y Ramos (citados por Herrera, 1983) aseguran que a medida que las plantas envejecen su calidad empeora, ya que aumentan los elementos estructurales pero disminuyen los carbohidratos solubles, las proteínas y los minerales.

En este sentido Armas, Ortega y Rodés (1988) observaron en el frijol común que la mayor disminución en la fotosíntesis aparecía al comenzar la senescencia, disminuían los contenidos de proteína y clorofila y aumentaba el contenido de nitrógeno soluble. FAO (1983) indica que al reducirse la actividad fijadora de los nódulos por el poco suministro de carbohidratos, la nutrición nitrogenada de la planta sufre un efecto negativo.

Por otra parte, Devlin (1982) planteó que a medida que una raíz envejece, la mayor parte de la superficie que interviene inicialmente en la absorción de sales queda intensamente suberificada, de modo que no es capaz de absorberlas, por lo que la actividad metabólica asociada con el desarrollo de la planta desencadena una fuerte demanda de estos elementos. De dichos datos se infiere que la disponibilidad de los macroelementos en la parte aérea disminuye a medida que la planta envejece.

El rendimiento de materia verde y seca mostró un incremento de sus valores hasta la etapa de mediados de floración; esto fue corroborado por Piamonte (1993), quien plantea que la etapa de floración coincide con la máxima producción de biomasa y vitalidad de las leguminosas. Por otra parte, James (1971) asegura que este fenómeno ocurre por las variaciones a que están sujetas la masa y las áreas foliares, las cuales aumentan debido al suministro abundante de compuestos nitrogenados, pero disminuyen por la caída de las hojas durante la senectud de la planta, ya que estos compuestos y demás nutrientes son traslocados hacia los procesos fisiológicos de la semilla. Estas afirmaciones podrían explicar también los resultados en el rendimiento de nitrógeno, similares a los de materia verde y seca.

En cuanto a la longitud del tallo principal, su dinámica fue similar a la de los indicadores anteriores, aunque este parámetro no es recomendado por James (1971) por ser poco confiable el sistema de medición, el cual solo tiene en cuenta la longitud y no el grosor, que no es necesariamente proporcional al crecimiento en longitud. Estos últimos parámetros crecieron en sus valores hasta mediados de la floración y decrecieron ligeramente durante la maduración de los frutos.

De acuerdo con los resultados del presente trabajo, se recomienda realizar estudios más profundos en este sentido.

REFERENCIAS

- AOAC. 1965. Official methods of analysis. Assoc. of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- ARMAS, R. de; ORTEGA, E. & RODES, ROSA. 1988. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 325 p.
- BOX, M. 1969. Leguminosas de grano. Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. 550 p.
- DEVLIN, R.M. 1982. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 468 p.
- FAO. 1983. Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen Fixation. Rome. 92 p.

- HERNANDEZ, NEICE. 1989. Contribución al estudio de la regionalización de gramíneas en la provincia de Sancti Spíritus. Tesis presentada en opción al grado de C.Dr. en Ciencias Agrícolas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Sancti Spíritus, Cuba. 134 p.
- HERRERA, R.S. 1983. La calidad de los pastos. En: Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Tomo II. Utilización. p. 59
- IVANOV, Z. 1976. La experimentación agrícola. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba. 332 p.
- JAMES, W.O. 1971. Introducción a la fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 328 p.
- LERCH, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba. 452 p.
- McLOUGHLIN, T.Y.; BORDELEAU, L.M. & DUNICAN, L.K. 1984. Competition studies with *Rhizobium trifolii* in a field experiment. **Appl. Bacteriol.** 56:131
- PATERSON, E.A.; SIROIS, J.C.; BERNDT, W.B. & MILLER, R.W. 1983. Evaluation of competitive ability of *Rhizobium meliloti* strains for nodulation in alfalfa. **Can. J. Microbiol.** 29:553
- PIAMONTE, R. 1993. Contribución al desarrollo de nuevos métodos para abono verde. En: Agricultura biológica No. D. ACABYE. Bogotá, Colombia. p. 17
- PYNENBORG, J.; VALENZUELA, R.; OLLER, VERONICA; BARBA, ROXANA; PRADO, D. & AGUIRRE, E. 1994. Métodos utilizados en el proyecto de Rhizobiología para estudiar la interacción entre la bacteria Rhizobaceae y la planta Leguminosae. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT). Santa Cruz, Bolivia. Informe técnico No. 13. 33 p.
- RUSSELL, E.W. 1973. Soil conditions and plant growth. Longman Group Limited, London. 849 p.
- TANG, M.; MENENDEZ, J.; CASTAÑEDA, A. & TELLEZ, D. 1990. Estudio de la nodulación natural de leguminosas tropicales. **Pastos y Forrajes.** 13:21
- TANG, M. & SYLVESTER-BRADLEY, ROSEMARY. 1986. Selección de cepas de *Rhizobium* para *Centrosema pubescens* en jarras de Leonard (arena) y dos suelos de Colombia. **Pastos y Forrajes.** 9:111
- WHYTE, R.O.; NILSSON-LEISSNER, G. & TRUMBLE, H.C. 1967. Las leguminosas en la agricultura. Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. 405 p.

Recibido el 24 de enero de 1996