

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTABLECIMIENTO DE ASOCIACIONES GRAMINEA-LEGUMINOSA  
EN TURRIALBA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa  
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos  
Naturales de la Universidad de Costa Rica y el  
Centro Agronómico Tropical de Investigación  
y Enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiae*

Por

**AGUSTIN ACOSTA CRODA**

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL  
Turrialba, Costa Rica

1985

Dedicatoria :

Al Dr. Jorge de Alba  
como humilde muestra de mi  
gratitud por sus invaluables  
enseñanzas y la oportunidad  
brindada.

Agradecimientos :

A mi comité asesor por sus valiosos  
consejos y en especial al M.S. Vic-  
tor Mares por su orientación en la  
realización de este trabajo.

Al Gobierno de Holanda por el finan-  
ciamiento de mis estudios de Magis-  
ter Scientiae.

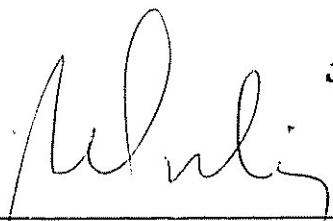
Al Centro Internacional de Agricultu-  
ra Tropical por facilitarme parte del  
material indispensable para llevar a  
cabo este trabajo.

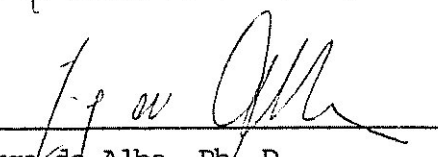
A todas aquellas personas que direc-  
ta o indirectamente participaron en  
esta investigación.

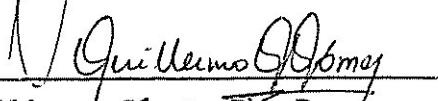
Esta Tesis ha sido aceptada por la  
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR/CATIE,  
como requisito parcial para optar al grado de

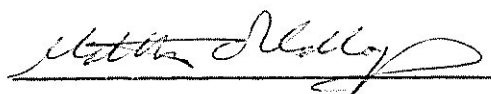
*Magister Scientiae*


**JURADO**

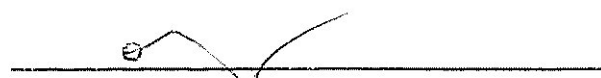
  
\_\_\_\_\_  
Víctor Mares Martins, Mag. Sc.      Profesor Consejero

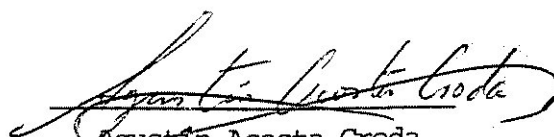
  
\_\_\_\_\_  
Jorge de Alba, Ph. D.      Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Guillermo Gómez, Ph. D.      Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Matthew O'Callaghan, Ph. D.      Miembro del Com

  
\_\_\_\_\_  
Director del Sistema de Estudios de  
Posgrado en Ciencias Agrícolas y  
Recursos Naturales  
UCR/CATIE

  
\_\_\_\_\_  
Decano del Sistema de Estudios de  
Posgrado de la Universidad de  
Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Agustín Acosta Croda  
Candidato

# INDICE

RESUMEN .....	vii
SUMMARY .....	viii
Lista de Cuadros .....	ix
Lista de Figuras .....	xiii
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Importancia de las asociaciones gramínea-leguminosa .....	3
2.2 Simbiosis leguminosa- <u>Rhizobium</u> .....	4
2.3 Características de las especies bajo estudio .....	6
2.4 Nutrición mineral de las leguminosas .....	7
2.4.1 Fósforo (P) .....	7
2.4.2 Calcio (Ca) y Cal (CaCO <sub>3</sub> ) .....	10
2.4.3 Potasio (K) .....	12
2.4.4 Azufre (S) .....	12
2.4.5 Micronutrientos (Cu, Mo, B, Mn, Zn y Fe) .....	13
3. MATERIALES Y METODOS .....	15
3.1 Area de estudio .....	15
3.1.1 Localización .....	15
3.1.2 Clima .....	15
3.1.3 Suelos .....	15
3.2 Descripción de la investigación .....	16
3.3 Ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	17
3.3.1 Tratamientos experimentales .....	17

3.3.2	Establecimiento del ensayo.....	17
3.3.3	Variables evaluadas .....	19
3.3.4	Diseño experimental y análisis estadístico .....	21
3.4	Ensayo de nutrición mineral de leguminosas .....	22
3.4.1	Tratamientos experimentales .....	22
3.4.1	Establecimiento del ensayo .....	24
3.4.3	Variables en estudio .....	24
3.4.4	Diseño experimental y análisis estadístico .....	25
3.5	Experimento de campo.....	26
3.5.1	Tratamientos experimentales .....	26
3.5.2	Establecimiento del cultivo .....	26
3.5.3	Variables en estudio .....	28
3.5.4	Diseño experimental y análisis estadístico .....	29
4.	RESULTADOS .....	32
4.1	Ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	32
4.1.1	Area foliar y materia seca cosechada en la biomasa aérea .....	32
4.1.2	Contenidos de proteína cruda y nitrógeno .....	34
4.1.3	Producción de biomasa radicular .....	37
4.1.4	Nodulación .....	37
4.2	Ensayo de nutrición mineral de leguminosas .....	40
4.2.1	Area foliar .....	40
4.2.2	Materia seca cosechada en la biomasa aérea .....	40
4.2.3	Contenidos de proteína cruda, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio en la biomasa aérea .....	42
4.2.4	Producción de biomasa radicular y nodulación .....	44

4.3 Experimento de campo ..... 46

    4.3.1 Comportamiento de las leguminosas ..... 46

    4.3.2 Comportamiento de las gramíneas ..... 50

5. DISCUSION ..... 55

    5.1 Efecto de la inoculación ..... 55

    5.2 Respuesta a la fertilización en el invernadero ..... 58

    5.3 Establecimiento de las asociaciones ..... 61

6. CONCLUSIONES ..... 65

LITERATURA CITADA ..... 67

APENDICE ..... 79

## RESUMEN

### Establecimiento de asociaciones gramínea-leguminosa en Turrialba.

Se realizaron dos ensayos en invernadero y uno de campo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Un ensayo en invernadero evaluó la efectividad de tres cepas específicas de Rhizobium para cada una de las leguminosas: Pueraria phaseoloides, Centrosema pubescens, Desmodium ovalifolium y D. heterophyllum. El C. pubescens no respondió a la inoculación pues parecen existir, en estos suelos, cepas nativas de Rhizobium efectivas para esta leguminosa. P. phaseoloides y D. heterophyllum incrementaron con la inoculación, 24 y 54 % su producción de materia seca y 15 y 50 % su concentración proteica, respectivamente. Las cepas evaluadas fueron CIAT - 2434, CIAT - 2453 y CIAT - 3221 en Pueraria y, CIAT - 2459, CIAT - 2469 y CIAT - 2470 en D. heterophyllum. D. ovalifolium no respondió a la inoculación posiblemente porque la pequeña superficie de la semilla requería más inoculante. En el segundo experimento el suelo reveló deficiencia de fósforo disponible y 75 - 80 % de fijación de este elemento. La fertilización con 100 ppm de fósforo a P. phaseoloides inoculado incrementó, comparado al testigo, las siguientes variables: 77% la materia seca aérea y 33% la radicular, 24% la concentración proteica y 25% la de fósforo y 88% la masa nodular. La masa nodular aumentó sobre el tratamiento con fósforo 36 y 23 % al adicionarle 110 ó 550 kg por hectárea de cal, respectivamente; 23% con 30 ppm de azufre y 25% con 2 ppm de molibdeno. La concentración de fósforo en los tejidos aumentó un 7% sobre el tratamiento con fósforo al adicionarle cal o azufre. En el tercer experimento se evaluó el establecimiento de asociaciones entre Cynodon dactylon (Bermuda cruzada 1) y Brachiaria decumbens con las cuatro leguminosas mencionadas, con y sin fertilización fosfatada (500 kg de  $P_2O_5$ /ha). El índice de área foliar a los dos y medio meses de la siembra fue 4.7, 2.0, 1.3 y 0.7 para P. phaseoloides, C. pubescens, D. heterophyllum y D. ovalifolium, respectivamente. La fertilización fosfatada aumentó un 21% la producción de materia seca de las gramíneas para el primer pastoreo pero se igualaron en el tercero; también aumentó de 0.17 a 0.20 % la concentración de este elemento en la biomasa aérea de ambas gramíneas durante todo el ensayo. El fósforo no tuvo un efecto definido sobre las leguminosas. Las leguminosas en la pradera tendieron a desaparecer, pero las más persistentes fueron C. pubescens y D. heterophyllum. Las causas posibles fueron: falta de inoculación, agresividad de las gramíneas y pastoreo temprano rotacional con altas cargas animales.

## SUMMARY

Establishment of grass-legume associations at Turrialba.

Two greenhouse experiments and one field trial were conducted at the Tropical Agricultural Research and Training Center. The first greenhouse experiment evaluated the effectiveness of three specific strains of Rhizobium for each of the following legumes: Pueraria phaseoloides, Centrosema pubescens, Desmodium ovalifolium y D. heterophyllum. The C. pubescens did not respond to inoculation, probably due to the presence of specific native strains of Rhizobium for this legume in the soil. P. phaseoloides and D. heterophyllum increased 24 and 54 % in their dry matter production with inoculation and 15 and 50 % in their protein concentration, respectively. The strains evaluated were: CIAT - 2434, CIAT - 2453 and CIAT - 3221 in Pueraria; and CIAT - 2459, CIAT - 2469 and CIAT - 2470 in D. heterophyllum. D. ovalifolium did not respond to inoculation probably due to small surface area of the seed requiring more inoculant. In the second greenhouse experiment, the soil analysis revealed phosphorus deficiency and 75-80 % of phosphorus fixation. Fertilization with 100 ppm of phosphorus of inoculated P. phaseoloides increased, over the control, the following variables: 77 % of the air dry-matter production, 33% the roots, 24 and 25 % the protein and phosphorus concentrations and 88% the nodular mass. The nodular mass increased, over the phosphorus treatment, 36 and 23 % with addition of 110 or 550 kg of lime per hectare, respectively, 23 % with 30 ppm of sulphur and 25% with 2 ppm of molybdenum. The plant phosphorus concentration increased 7% over the phosphorus treatment with addition of lime or sulphur. The field trial evaluated the establishment of eight associations between Cynodon dactylon (Coast-cross 1) and Brachiaria decumbens with the four legumes mentioned above; phosphorus fertilization (500 kg of  $P_2O_5$ /ha) was added to half of each plot. Two and a half months after the sowing, the leaf area index was 4.7, 2.0, 1.3 and 0.7 for P. phaseoloides, C. pubescens, D. heterophyllum and D. ovalifolium, respectively. Phosphorus fertilization increased by 21% the dry matter production of the grasses at the first grazing but there was no difference by the third. The plant phosphorus concentration increased from 0.17 to 0.20 % in both the fertilized grasses. Phosphorus did not have a definite effect on the legumes. The legumes in the field tended to disappear with time, but the most persistent were C. pubescens and D. heterophyllum. The possible causes were: lack of inoculation, aggressivity of the grass, and early grazing with heavy momentary stocking rates.



Lista de Cuadros.

1.- Algunas características de las leguminosas incluidas en el estudio .....	8
2.- Características químicas del suelo experimental .....	16
3.- Leguminosas y cepas de <u>Rhizobium</u> usadas en el experimento de inoculación.	18
4.- Análisis de varianza para evaluar el ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> para cada leguminosa .....	21
5.- Tratamientos experimentales, fuentes de nutrimentos y niveles de apli- cación utilizados en el ensayo de nutrición mineral .....	23
6.- Análisis de varianza para evaluar el ensayo de nutrición en macetas .....	25
7.- Análisis de varianza para el ensayo de campo .....	31
8.- Area foliar y peso seco de la biomasa aérea cosechada por maceta en el ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	33
9.- Contenido de proteína cruda (PC) en la biomasa aérea de las legumino- sas incluidas en el ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	35
10.- Peso de materia orgánica radicular por maceta en el ensayo de inocula- ción con <u>Rhizobium</u> .....	38
11.- Características de la nodulación obtenida por maceta en el ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	39
12.- Area foliar de <u>P. phaseoloides</u> por maceta a dos edades de crecimiento en el ensayo de nutrición .....	41
13.- Algunas características de producción de la biomasa aérea de <u>P. phaseo- loides</u> en el ensayo de nutrición .....	43
14.- Materia orgánica radicular, peso y número de nódulos por maceta en el ensayo de nutrición .....	45

15.- Densidad de plántulas de leguminosas a 2, 4 y 6 semanas de la siembra...	47
16.- Índice de área foliar de las leguminosas estudiadas, antes y después de cada pastoreo.....	48
17.- Materia seca de gramíneas presente en la pradera antes y después de cada pastoreo.....	51
18.- Contenido de fósforo en la materia seca de las gramíneas cosechadas en el ensayo de campo.....	51
APENDICE	
1A.- Producción total de materia orgánica por maceta en el ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	83
2A.- Correlaciones entre las variables estudiadas en <u>P. phaseoloides</u> (Ensayo de inoculación) .....	84
3A.- Correlaciones entre las variables estudiadas en <u>D. heterophyllum</u> (Ensayo de inoculación) .....	85
4A.- Correlaciones entre las variables estudiadas en <u>D. ovalifolium</u> (Ensayo de inoculación) .....	86
5A.- Correlaciones entre las variables estudiadas en <u>C. pubescens</u> (Ensayo de inoculación) .....	87
6A.- Contenidos de potasio, calcio y magnesio (%) en el follaje seco de <u>P. phaseoloides</u> (Ensayo de fertilización) .....	88
7A.- Correlaciones entre las variables estudiadas en <u>P. phaseoloides</u> (Ensayo de nutrición) .....	89
8A.- Índice de área foliar de las leguminosas evaluadas antes de cada pastoreo según el nivel de fertilización fosfatada .....	90

9A.- Digestibilidad <u>in vitro</u> (Dig.) y contenido de proteína cruda (PC) de los rebrotes de las gramíneas a tres edades de crecimiento .....	90
10A.- Digestibilidad <u>in vitro</u> (Dig.) y contenido de proteína cruda (PC) de las gramíneas según el nivel de fertilización fosfatada .....	91
11A.- ANDEVA (s) por especie para área foliar a los dos y medio meses (Ensayo de inoculación) .....	92
12A.- ANDEVA (s) por especie para materia seca producida en biomasa aérea (Ensayo de inoculación) .....	92
13A.- ANDEVA (s) por especie para porcentaje de proteína cruda en la parte aérea (Ensayo de inoculación) .....	93
14A.- ANDEVA (s) por especie para nitrógeno total cosechado en la biomasa aérea (Ensayo de inoculación) .....	93
15A.- ANDEVA (s) por especie para peso total de materia orgánica radicular (Ensayo de inoculación) .....	94
16A.- ANDEVA (s) por especie para peso seco total de nódulos (Ensayo de inoculación) .....	94
17A.- ANDEVA (s) por especie para peso medio de nódulos (Ensayo de inoculación) .....	95
18A.- ANDEVA (s) por especie para número de nódulos (Ensayo de inoculación) ..	95
19A.- ANDEVA (s) para las variables de respuesta que fueron significativamente afectadas en el ensayo de nutrición mineral .....	96
20A.- ANDEVA para mortalidad de plántulas hasta las seis semanas de la siembra .....	97
21A.- ANDEVA para el logaritmo natural del área foliar más uno de la leguminosa ofrecida .....	98

22A.- ANDEVA para el logaritmo natural del área foliar más uno de la legu- minosa rechazada .....	99
23A.- ANDEVA para producción de gramínea a los dos y medio meses de la siembra .....	100
24A.- ANDEVA para materia seca ofrecida de las gramíneas .....	101
25A.- ANDEVA para materia seca rechazada de las gramíneas .....	102
26A.- ANDEVA para contenido de proteína cruda de las gramíneas .....	103
27A.- ANDEVA para digestibilidad <u>in vitro</u> de las gramíneas .....	104
28A.- ANDEVA para contenido de fósforo en las gramíneas .....	105

Lista de Figuras .

1.- Distribución esquemática del ensayo de campo .....	27
2.- Nitrógeno total cosechado por maceta en la biomasa aérea del ensayo de inoculación con <u>Rhizobium</u> .....	36
3.- Efecto del pastoreo y su relación con la gramínea asociada sobre el área foliar de las leguminosas .....	49
4.- Efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción de materia seca de las gramíneas .....	53
5.- Contenido de proteína cruda en la materia seca de las gramíneas cosechadas .....	54
6.- Digestibilidad <u>in vitro</u> de las gramíneas cosechadas .....	54
APENDICE	
1A.- Curva de adsorción de fósforo (P) .....	80
2A.- Curva de adsorción de azufre (S) .....	81
3A.- Precipitación y promedio de temperaturas máximas y mínimas en Turrialba durante el período experimental .....	82