

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION  
Y ENSEÑANZA  
DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES

**Absorción de Nutrimentos por Maíz (*Zea mays* L.) y  
Camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en Asociación  
y su Fertilización con Nitrogeno y Potasio**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión de Estudios  
de Postgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE para optar al  
grado de

*Magister Scientiae*

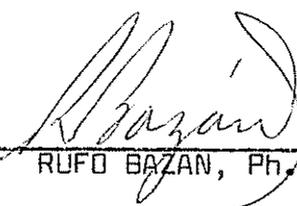
*SANTANDER ELIAS JARAMILLO MARTINEZ*

Turrialba, Costa Rica

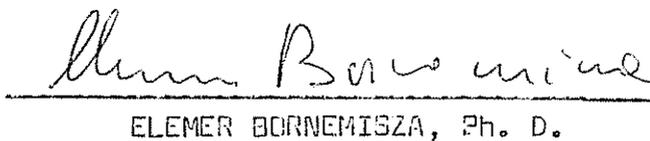
1977

Esta Tesis ha sido aceptada en su forma presente por la  
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto  
UCR-CATIE, como requisito parcial para optar el grado de:

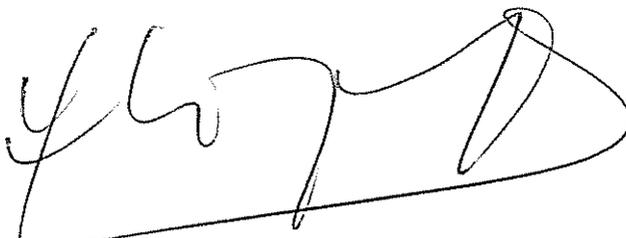
MAGISTER SCIENTIAE

JURADO:  \_\_\_\_\_ CONSEJERO  
RUFO BAZAN, Ph. D.

 \_\_\_\_\_ COMITE  
JOSE FARGAS, Ph. D.

 \_\_\_\_\_ COMITE  
ELEMER BORNEMISZA, Ph. D.

 \_\_\_\_\_ COMITE  
EDUARDO LOCATELLI, Ph. D.



DEDICATORIA

A mis padres,

Made y Ramón

A mi esposa e hija,

Dora e Itzel

Al campesino marginado de mi país.

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento al Dr. Ruffo Bazán S., Consejero Principal, por su valiosa colaboración en la elaboración de este trabajo.

A los Doctores José Fargas, Elmer Bornemisza y Eduardo Locatelli, por sus sugerencias acertadas y revisión del original.

Al Dr. Carlos Burgos, Ex-miembro del Comité.

Al personal del Laboratorio de Suelos y en especial al Sr. Eduardo Tencio.

Al personal de la Unidad de Estadística y Computación, especialmente al Sr. Manuel Zamora, por su colaboración en los análisis estadísticos.

Al compañero José Sánchez, amigo y colaborador oportuno.

A todo el personal del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE y de la Biblioteca del CIDIA, que gentilmente prestaron su colaboración.

Al Gobierno de Holanda, al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Turrialba y al Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá, que permitieron lograr mis aspiraciones.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Natá de los Caballeros, Provincia de Coclé, República de Panamá, el 20 de Julio de 1948.

Cursó estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá, donde obtuvo el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica, en febrero de 1973.

En marzo de 1973, empezó a prestar servicios profesionales en el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Región #2, Veraguas.

En marzo de 1975, ingresó al Programa de Graduados Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), de Turrialba, en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, para realizar estudios de posgrado.

En marzo de 1977, se ausentó del Programa de Graduados, para reincorporarse a sus labores en el MIDA-Región #2, y posteriormente al Departamento de Agrología de la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables, en donde actualmente labora.

En octubre de 1977, cumplió con los requisitos para optar al grado de Magister Scientiae, con especialidad en Cultivos y Suelos Tropicales.

## CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Aspectos generales de los cultivos múltiples .....	3
2.2 MAIZ .....	5
2.2.1 Aspectos fisiológicos relacionados con su nutrición mineral .....	5
2.2.2 Concentración crítica de los nutrimentos en la planta .....	10
2.2.3 Respuesta a la fertilización .....	13
2.2.3.1 Influencia del nitrógeno en el crecimien- to y rendimiento .....	13
2.2.3.2 Influencia del potasio en el crecimiento y rendimiento .....	15
2.2.3.3 Influencia del nitrógeno y potasio en el crecimiento y rendimiento .....	16
2.3 CAMOTE .....	17
2.3.1 Aspectos fisiológicos relacionados con su nutrición mineral .....	17
2.3.2 Respuesta del camote a la fertilización ...	20
2.3.2.1 Influencia del nitrógeno en el crecimien- to y rendimiento .....	20
2.3.2.2 Influencia del potasio en el crecimiento y rendimiento.....	22
2.3.2.3 Influencia del nitrógeno y potasio en el crecimiento y rendimiento .....	24
2.4 ASOCIACION MAIZ-CAMOTE .....	26
3. MATERIALES Y METODOS .....	29
3.1 Localización del experimento .....	29
3.2 Descripción de las condiciones bajo las cua- les se estudió el sistema de cultivos .....	29

3.3	Descripción de labores de cultivos .....	33
3.4	Análisis físicos para la caracterización del suelo .....	35
3.5	Balance hídrico .....	36
3.6	Análisis para la caracterización química del suelo .....	36
3.7	Estudios realizados en las plantas en las distintas fases de desarrollo de los cultivos .....	38
3.8	Análisis de la información .....	39
3.9	Evaluación de rendimientos .....	41
4.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	45
4.1	Condiciones climáticas .....	45
4.2	Aspectos generales del desarrollo de los cultivos .....	45
4.3	Análisis físicos .....	47
4.4	Producción de biomasa por los cultivos que forman la asociación Maíz-Camote .....	50
4.5	Análisis químico del suelo antes de la siembra y después de la cosecha .....	57
4.6	Concentración y absorción de nutrimentos en maíz .....	74
4.7	Concentración y absorción de nutrimentos en camote .....	88
4.8	Absorción de nutrimentos por la asociación maíz-camote .....	107
4.9	Disponibilidad de nitrógeno y potasio en el suelo, absorción por los cultivos y su efecto sobre la fertilidad natural del suelo .....	116
4.10	Afecto del nitrógeno y potasio sobre la producción de la asociación maíz-camote ..	124
5.	CONCLUSIONES .....	135
6.	RECOMENDACIONES .....	138

	Página
7.- RESUMEN .....	139
7 a- SUMMARY .....	142
8.- LITERATURA CITADA .....	146
9.- APENDICE .....	156

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Producción y distribución de materia seca a los 120 días en plantas de maíz del tratamiento que obtuvo la mayor producción de granos .....	52
2	Producción y distribución de materia seca a los 150 días en plantas de camote del tratamiento que obtuvo la mayor producción de raíces .....	55
3	Absorción y distribución de Nitrógeno y Potasio a los 120 días en plantas de maíz del tratamiento que obtuvo la mayor producción de grano ....	77
4	Absorción y distribución de fósforo y azufre a los 120 días en plantas de maíz del tratamiento que obtuvo la mayor producción de grano .....	80
5	Absorción y distribución de calcio, magnesio y sodio a los 120 días, en plantas de maíz del tratamiento que obtuvo la mayor producción de grano .....	83
6	Absorción y distribución de cobre, zinc, hierro y aluminio, a los 120 días en plantas de maíz del tratamiento que registró la mayor producción de grano .....	88
7	Absorción y distribución de nitrógeno y potasio a los 150 días, en plantas de camote del tratamiento que obtuvo la mayor producción de raíces	93
8	Absorción y distribución de fósforo y azufre a los 150 días, en plantas de camote del tratamiento que obtuvo la mayor producción de raíces	96
9	Absorción y distribución de calcio, magnesio y sodio a los 150 días, por plantas de camote del tratamiento que obtuvo la mayor producción de raíces .....	100
10	Absorción y distribución de cobre, manganeso, zinc, hierro y aluminio a los 150 días, en plantas de camote del tratamiento que registró la mayor producción de raíces .....	106
11	Absorción y distribución de nutrimentos por la asociación maíz-camote en su etapa de máximos requerimientos .....	115
12	Aporte de nitrógeno por el suelo .....	117
13	Aporte de potasio por el suelo .....	119

Cuadro No.		Página
14	Total de nitrógeno disponible en el suelo y su recuperación por la asociación maíz-camote ...	121
15	Total de potasio disponible en el suelo y su recuperación por la asociación maíz-camote ...	123

1.A.	Lluvia, evaporación de tanque <b>A</b> y temperatura media diaria, durante el período experimental .....	157
2.A.	Radiación solar media promedio durante el período experimental .....	158
3.A.	Promedios de valores de características físicas de los horizontes estudiados en 2 perfiles de suelo ..	159
4.A.	Curvas de desabsorción de los horizontes estudiados en 2 perfiles de suelo .....	160
5.A.	Distribución de tamaño de partículas de los horizontes estudiados en dos perfiles de suelo .....	161
6.A.	Análisis de varianza para la producción de biomasa en ton/ha. por los cultivos de maíz y camote y del sistema maíz-camote .....	162
7.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en la producción media de biomasa de los cultivos que forman la asociación maíz-camote, a los 45, 90, 120 y 150 días, en toneladas por hectárea .....	163
8.A.	Comparación de medias con su desviación estándar de las propiedades químicas del suelo, antes de la siembra y después de la cosecha .....	164
9.A.	Análisis de varianza de las características químicas de las parcelas antes de la siembra .....	165
10.A.	Características químicas de las parcelas antes de la siembra. Promedio de cuatro repeticiones .....	166
11.A.	Análisis de varianza de las características químicas de las parcelas después de la cosecha .....	167
12.A.	Características de las parcelas después de la cosecha. Promedio de cuatro repeticiones .....	168
13.A.	Análisis de varianza para la concentración de nutrientes en la parte aérea del maíz, a los 45, 90 y 120 días y para el grano a los 120 días .....	169
14.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en las concentraciones medias de nutrientes en la parte aérea del maíz, a los 45, 90 y 120 días .....	170
15.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias entre las concentraciones medias de nutrientes por el grano de maíz, a los 120 días .....	171
16.A.	Análisis de varianza para la absorción de nutrientes por la parte aérea del maíz, a los 45, 90 y 120 días y para el grano a los 120 días .....	172

17.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en las absorciones medias de nutrimentos por la parte aérea del maíz, a los 45, 90 y 120 días .....	173
18.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias entre las absorciones medias de nutrimentos por el grano de maíz, a los 120 días .....	174
19.A.	Análisis de varianza para la absorción total (parte aérea + grano) de nutrimentos por el maíz, a los 120 días .....	175
20.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias entre las absorciones medias de nutrimentos por el maíz (parte aérea + grano) a los 45, 90 y 150 días .....	176
21.A.	Análisis de varianza para la concentración de nutrimentos en la parte aérea del camote, a los 45, 90, 120 y 150 días .....	177
22.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en las concentraciones medias de nutrimentos en la parte aérea del camote, a los 45, 90 y 150 días .....	178
23.A.	Análisis de varianza para la concentración de nutrimentos en la raíz tuberosa del camote, a los 90, 120 y 150 días .....	179
24.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en las concentraciones medias de nutrimentos en la raíz tuberosa del camote, a los 90, 120 y 150 días .....	180
25.A.	Análisis de varianza para la absorción de nutrimentos por la parte aérea del camote a los 45, 90, 120 y 150 días .....	181
26.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en las absorciones medias de nutrimentos por la parte aérea del camote, a los 45, 90, 120 y 150 días .....	182
27.A.	Análisis de varianza para la absorción de nutrimentos por la raíz tuberosa del camote, a los 90, 120 y 150 días .....	183
28.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en las absorciones medias de nutrimentos por la raíz tuberosa del camote, a los 90, 120 y 150 días .....	184
29.A.	Análisis de varianza para la absorción total de nutrimentos por el camote (parte aérea + raíz) a los 90, 120 y 150 días .....	185
30.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias entre las absorciones medias de nutrimentos por el camote (parte aérea + raíz tuberosa). A los 45, 90, 120 y 150 días .....	186

31.A.	Análisis de varianza para la absorción total de nutrimentos por el sistema maíz-camote, a los 45, 90, 120 y 150 días .....	187
32.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias entre absorciones medias de nutrimentos .....	181
33.A.	Análisis de varianza para la producción de megacalorías/ha. por el cultivo de maíz-camote y la asociación maíz-camote .....	189
34.A.	Pruebas de duncan para determinar diferencias en la producción promedio por tratamientos de maíz, camote y maíz-camote .....	190
35.A.	Ecuaciones de regresión que estiman la concentración de nutrimentos en plantas de maíz y camote en asociación .....	191
36.A.	Ecuaciones de regresión que estiman la absorción de nutrimentos por plantas de maíz en la asociación maíz-camote.....	192
37.A.	Ecuaciones de regresión que estiman la absorción de nutrimentos por plantas de camote en la asociación maíz-camote.....	193
38.A.	Ecuaciones de regresión que estiman la absorción de nutrimentos por la asociación maíz-camote.....	194

## INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Distribución de los cultivos dentro de las parcelas	32
2. Distribución de las parcelas en el campo, dentro de cada uno de los bloques .....	32
3. Lluvia, evaporación (totales por período) y temperatura media (promedios diarios por período) que ocurrieron durante el ciclo vegetativo de los cultivos	46
4. Radiación solar diaria promedio (por período) durante el ciclo vegetativo de los cultivos .....	46
5. Producción de biomasa por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote.....	56
6. Representación gráfica del efecto de los tratamientos en el contenido N total y K total en el suelo, después de la cosecha .....	73
7. Concentración y absorción de nitrógeno y potasio por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote .....	108
8. Concentración y absorción de fósforo y azufre por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote...	109
9. Concentración y absorción de calcio y magnesio por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote...	110
10. Concentración y absorción de sodio y cobre por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote.....	111
11. Concentración y absorción de manganeso y zinc por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote...	112
12. Concentración y absorción de hierro y aluminio por el maíz y el camote en la asociación maíz-camote...	113
13. Efecto de los niveles de N y K sobre el rendimiento del maíz y el camote asociados .....	132