

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

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS Y CAMBIOS FISICOS Y
QUIMICOS EN SUELOS DE LADERA CULTIVADOS CON
MAIZ Y FRIJOL, CON DIFERENTE COBERTURA VIVA
DENTRO DE UNA PLANTACION FORESTAL

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR — CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae


RAFAEL ANTONIO ALBERTY RODRIGUEZ

Turrialba, Costa Rica
1977

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Postgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO:



Warren M. Forsythe, Ph. D.

Consejero



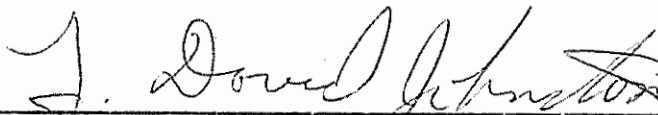
Elemer Bornemisza, Ph. D.

Comité



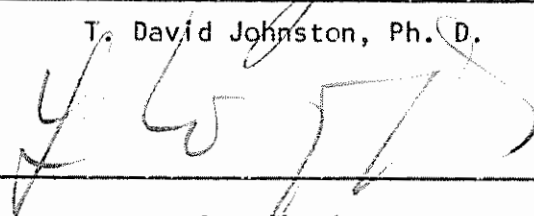
José Fargas, Ph. D.

Comité



T. David Johnston, Ph. D.

Comité



Coordinador

Sistema de Estudios de Postgrado de la
Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mis padres

A mis suegros

A mi adorada esposa Josefina,
con amor, por su estímulo y
comprensión

A mis hermanos, sobrinos
y cuñados

A mis queridos hijos:

Johannes Rafael

Jennifer Josefina

Issa Manuel

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento:

Al Dr. Warren M. Forsythe, profesor consejero, por sus consejos y sugerencias, sus enseñanzas y permanente interés en la formación del graduado.

A los miembros del Comité Consejero, Dres. Elemer Bornemisza, José Fargas y David Johnston, por la revisión del trabajo y sus atinadas sugerencias.

Al Ing. Víctor Quiroga, ex-miembro de su comité, por su valiosa colaboración.

Al Dr. Pedro Oñoro por brindarle orientación y asistencia en varias oportunidades durante su permanencia en el Centro.

Al Ing. Pablo Rosero por su desinteresada colaboración.

Al Ing. Humberto Jiménez Saa por sus valiosas orientaciones y sugerencias en la preparación del seminario.

A los compañeros Ings. José Alfredo Moía Rocha, Carlos Aguirre y Reynaldo González por su estímulo, cooperación y amistad.

Al Consejo Estatal del Azúcar (CEA) de República Dominicana, al Gobierno de Holanda, Dirección General del IICA, Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por las facilidades técnicas y económicas brindadas para efectuar los estudios de postgrado.

A los Sres. Eduardo Tencio, Alfredo Picado y Arturo Coto por el apoyo en los análisis de laboratorio.

A la Sra. Ligia G. de Jiménez, por su gentileza, eficiencia y prontitud en el mecanografiado de este trabajo.

Al personal del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE, Unidad de Estadística y Computación del IICA, Biblioteca del IICA-CIDIA, y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron grata su permanencia en este Centro.

BIOGRAFIA

El autor nació en Valverde-Mao, República Dominicana. Realizó sus estudios primarios en su ciudad natal; secundarios y agronómicos en el Instituto Politécnico Loyola en la ciudad de San Cristóbal, recibiendo los títulos de Bachiller y Perito Agrónomo en 1963.

De 1963 a 1964 trabajó en el Banco de Crédito Agrícola en control de calidad de arroz.

De 1964 a 1966 trabajó en la Secretaría de Agricultura en la rama de investigación de arroz en la Estación Experimental Arroceras de Juma-Bonao. De aquí pasó al Programa de Diversificación del Valle del Cibao en Santiago, en el Departamento de Suelos.

En 1966 ingresó a la Universidad Agrícola y Mecánica de Texas, Estados Unidos de Norteamérica, recibiendo el título de Bachelor of Science con especialidad en suelo en 1970.

De 1970 a 1972 trabajó con la Compañía Elanco en la rama de productos agroquímicos y veterinarios.

En 1972 ingresó al Consejo Estatal del Azúcar, trabajando como Encargado de la División de Suelos en la Estación Experimental Duquesa.

Asistió al curso dictado en 1972, sobre clasificación y manejo de suelos en Mayaguez, Puerto Rico.

De 1973 a 1974 tomó un curso de postgrado sobre Economía y Administración Agrícola en el Instituto Tecnológico de Santo Domingo.

En marzo de 1975 ingresó al programa de estudios de postgrado de la Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para realizar sus estudios de postgrado en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, graduándose como *Magister Scientiae* en agosto de 1977.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos Generales.....	
2.1.1 Asociaciones de frijol y maíz.....	3
2.1.2 Competencia de malas hierbas con los cultivos.....	4
2.2 Prácticas de no labranza.....	5
2.3 Erosión y coberturas.....	10
2.3.1 Efecto de las coberturas sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.....	12
2.3.2 Efecto de las coberturas en los rendimientos de los cultivos.....	16
2.4 Influencia de las condiciones alternas de sequía y humedad sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.....	17
2.5 Succión del agua del suelo y su efecto sobre los cultivos.....	19
2.6 Resistencia mecánica del suelo y su efecto sobre los cultivos.....	21
2.7 Pérdidas y ganancias de nutrimentos en el suelo..	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1 Descripción del área de estudio.....	30
3.1.1 Localización.....	30
3.1.2 Clima.....	30
3.1.3 Suelos.....	31
3.2 Preparación del terreno.....	32
3.3 Selección de cultivos.....	32
3.3.1 Densidad, espaciamento y modalidad de siembra.....	32
3.3.2 Aplicación de fertilizantes.....	33
3.3.3 Medidas fitosanitarias.....	34
3.4 Diseño experimental.....	34
3.4.1 Descripción y arreglos del tratamiento...	35
3.5 Recolección de la información.....	35
3.5.1 Trabajos de campo.....	36
3.5.1.1 Mediciones de los árboles.....	36
3.5.1.2 Muestreos de hierbas.....	36
3.5.1.3 Muestreos de tejidos en frijol y maíz.....	37
3.5.1.4 Muestreos de suelo.....	38
3.5.1.5 Resistencia del suelo a la penetración de raíces.....	39

3.5.1.6	Resistencia del suelo al corte.....	39
3.5.2	Trabajos de laboratorio.....	39
3.5.2.1	Análisis químicos.....	39
3.5.2.2	Análisis físicos.....	42
3.6	Balance hídrico atmosférico.....	43
3.7	Variables analizadas.....	43
3.7.1	Rendimiento en grano.....	43
3.7.2	Producción de biomasa en los cultivos y en las malas hierbas.....	44
3.7.3	Consumo y flujo de nutrimentos en el suelo.....	45
3.7.4	Incremento de los árboles.....	46
3.7.5	Economía.....	46
3.8	Análisis estadísticos.....	46
3.8.1	Análisis de varianza.....	47
3.8.2	Análisis de correlación.....	48
3.8.3	Análisis de regresión.....	49
4.	RESULTADOS.....	51
4.1	Aspectos generales.....	51
4.1.1	Prácticas culturales.....	51
4.1.2	Precipitación, evaporación y balance hídrico atmosférico.....	51
4.1.3	Condiciones fitosanitarias de los cultivos.....	51
4.2	Rendimiento de los cultivos.....	53
4.2.1	Asociación de maíz y frijol.....	53
4.2.2	Maíz.....	56
4.3	Producción de biomasa.....	56
4.3.1	Cultivos.....	56
4.3.2	Malas hierbas.....	60
4.4	Crecimiento forestal.....	60
4.4.1	Laurel.....	60
4.4.2	Cocobolo.....	64
4.5	Caracterización física del suelo.....	64
4.5.1	Análisis físicos.....	64
4.5.1.1	Humedad, densidad aparente, densidad de sólidos, porosidad, espacio aéreo y textura.....	64
4.5.1.2	Resistencia del suelo al corte y a la penetración de raíces.....	65
4.5.1.3	Succión de agua del suelo y balance hídrico atmosférico.....	66
4.6	Análisis químicos.....	79
4.6.1	Análisis foliar.....	79
4.6.2	Análisis de suelo.....	82
4.6.2.1	Reacción del suelo.....	83

	Página	
4.6.2.2	Materia orgánica.....	83
4.6.2.3	Nitrógeno total.....	83
4.6.2.4	Fósforo disponible y azufre extraíble.....	84
4.6.2.5	Calcio y magnesio cambiable..	84
4.6.2.6	Potasio y sodio cambiable....	84
4.6.2.7	Capacidad de intercambio catiónico.....	85
4.6.2.8	Relación carbono/nitrógeno...	85
4.6.2.9	Saturación de bases, acidez extractable y relaciones calcio/magnesio, potasio/magnesio y calcio + magnesio/potasio....	89
4.6.3	Flujo de nutrientes en el suelo.....	89
4.7.	Análisis económico.....	91
4.7.1	Costos e ingresos en el experimento....	91
5.	DISCUSION.....	95
5.1	Condiciones agronómicas.....	95
5.2	Rendimiento de los cultivos.....	96
5.2.1	Producción de biomasa.....	97
5.3	Crecimiento de los árboles en la plantación forestal.....	99
5.4	Absorción y acumulación de nutrientes del suelo	99
5.5	Aportaciones de nutrientes al suelo.....	103
5.6	Características físicas del suelo.....	103
5.7	Características químicas del suelo.....	108
5.7.1	Reacción del suelo.....	109
5.7.2	Materia orgánica y nitrógeno.....	109
5.7.3	Capacidad de intercambio catiónico....	110
5.7.4	Fósforo disponible y azufre extraíble..	112
5.8	Aspectos económicos.....	113
5.8.1	Propuesta de rotación de cultivos maíz y frijol con árboles de laurel y pinos para el pequeño agricultor.....	114
6.	CONCLUSIONES.....	117
7.	RECOMENDACIONES.....	119
8.	RESUMEN.....	120
8a.	SUMMARY.....	122
9.	REFERENCIAS.....	124
10.	APENDICE.....	140

LISTA DE CUADROS

	Página
TEXTO	
Cuadro No.	
1.	Intensidades máximas para intervalos de retorno de 5 y 10 años..... 31
2.	Metodología empleada en los análisis químicos de suelo y tejidos..... 40
3.	Rotación de laurel y pinos con los cultivos maíz y frijol.....116
APENDICE	
A 1	Orden cronológico de las principales labores de cultivo, sucesos registrados y actividades realizadas durante el experimento..... 141
A 2	Valores semanales de precipitación, evaporación de tanque A y balance hídrico atmosférico durante el experimento..... 143
A 3	Valores mensuales de precipitación, evaporación de tanque A y balance hídrico atmosférico durante el experimento..... 145
A 4	Cuadrado medio del rendimiento de maíz y frijol (kg/ha) durante la primera época..... 146
A 5	Prueba de Duncan para comparaciones de media del rendimiento de maíz y frijol (kg/ha) durante la primera época..... 146
A 6	Cuadrado medio del rendimiento de maíz (kg/ha) en la segunda época..... 147
A 7	Prueba de Duncan para comparaciones de media del rendimiento de maíz en la segunda época..... 147
A 8	Cuadrado medio del rendimiento de maíz (kg/ha) en la primera y en la segunda época..... 148
A 9	Prueba de Duncan para comparaciones de media del rendimiento de maíz entre épocas y entre tratamientos..... 148

Cuadro No.		Página
A 10	Características físicas del suelo a 0-10 cm de profundidad en cada tratamiento durante el experimento.....	149
A 11	Características físicas del suelo en cada tratamiento a 10-20 cm de profundidad durante el experimento.....	150
A 12	Características físicas del suelo en cada tratamiento a 20-50 cm de profundidad durante el experimento.....	151
A 13	Promedio de los valores de resistencia a la penetración (bares) medidos en dos sitios (arriba y abajo) de los tratamientos y a diferentes profundidades.....	152
A 14	Promedio de los valores de resistencia al corte (bares) medidos en dos sitios (arriba y abajo) de los tratamientos y a diferentes profundidades.....	152
A 15	Promedio de los valores (dos sitios, abajo y arriba) de humedad gravimétrica, resistencia al corte y a la penetración en cada tratamiento.....	153
A 16	Cuadrado medio de la resistencia a la penetración y al corte (promedio de dos sitios, abajo y arriba) a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm), en la primera época.....	154
A 17	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la resistencia a la penetración y al corte (promedio de dos sitios, abajo y arriba) a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm) en la primera época.....	154
A 18	Cuadrado medio de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio abajo de los tratamientos a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm) en la primera época.....	155
A 19	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio abajo de los tratamientos en la primera época.....	155

Cuadro No.	Página
A 20	Cuadrado medio de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio arriba de los tratamientos a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm) en la primera época.... 156
A 21	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio arriba de los tratamientos a diferentes profundidades en la primera época..... 156
A 22	Cuadrado medio de la resistencia a la penetración y al corte (promedio de dos sitios, arriba y abajo) a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm) en la segunda época..... 157
A 23	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la resistencia a la penetración y al corte (promedio de dos sitios, abajo y arriba) a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm) en la segunda época..... 157
A 24	Cuadrado medio de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio abajo de los tratamientos a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 cm) en la segunda época..... 158
A 25	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la resistencia a la penetración y al corte, en el sitio abajo de los tratamientos en la segunda época..... 158
A 26	Cuadrado medio de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio arriba de los tratamientos a diferentes profundidades (0, 5, 10, 15, 20 30 y 40 cm) en la segunda época..... 159
A 27	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la resistencia a la penetración y al corte en el sitio arriba de los tratamientos en la segunda época..... 159
A 28	Cuadrado medio de la densidad aparente en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm) en la primera época..... 160
A 29	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la densidad aparente en el suelo a 0-10 cm de profundidad en la primera época..... 160

Cuadro No.	Página
A 30	Cuadrado medio de la densidad aparente en el suelo a dos profundidades (20-30 y 30-40 cm) en la primera época..... 161
A 31	Cuadrado medio de la densidad aparente en el suelo a la profundidad de 40-50 cm en la primera época..... 161
A 32	Cuadrado medio de la densidad aparente en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm) en la segunda época..... 162
A 33	Cuadrado medio de la densidad aparente en el suelo a dos profundidades (20-30 cm y 30-40 cm) en la segunda época..... 162
A 34	Cuadrado medio de la densidad aparente en el suelo a la profundidad de 40-50 cm en la segunda época..... 163
A 35	Promedio de los valores de succión matricial (bares) medidos semanalmente en dos sitios (abajo y arriba) en los tratamientos a 20 cm. de profundidad durante el experimento..... 164
A 36	Cuadrado medio de la succión matricial en el sitio abajo de los tratamientos durante la 11ma y 13era semana en la primera época..... 165
A 37	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la succión matricial en el sitio abajo de los tratamientos durante la 11ma y 13ra semana en la primera época..... 165
A 38	Cuadrado medio de la succión matricial durante la 11ma y 16ta semana en la primera época (promedio de dos sitios, abajo y arriba)..... 166
A 39	Prueba de Duncan para comparaciones de medias durante la 11ma y 16ta semana. Primera época (promedio de dos sitios, abajo y arriba)..... 166
A 40	Cuadrado medio de la succión matricial en el sitio arriba de los tratamientos durante la 14ta y 15ta semana durante la primera época..... 167
A 41	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la succión matricial durante la 14ta y 15ta semana. Primera época. Sitio arriba..... 167

Cuadro No.	Página
A 42	Cuadrado medio de la succión matricial en el sitio abajo de los tratamientos durante la 15ta y 16ta semana. Primera época..... 163
A 43	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la succión matricial en el sitio abajo de los tratamientos durante la 15ta y 16ta semana. Primera época..... 168
A 44	Cuadrado medio de la porosidad total (%) y el espacio aéreo (%) a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-50 cm) y en dos épocas de muestreo..... 169
A 45	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la porosidad entre profundidad y entre época de muestreo..... 169
A 46	Valores promedio de la altura (metro) y el diámetro (centímetro) en el laurel y cocobolo durante el experimento..... 170
A 47	Cuadrado medio de la altura (metro) y el D.A.P. (centímetro) en el laurel..... 170
A 48	Cuadrado medio de la altura (metro) y el diámetro basal (centímetro) en el cocobolo..... 171
A 49	Cuadrado medio de biomasa (kg/ha) de maíz y frijol en la primera época..... 171
A 50	Cuadrado medio de biomasa total (kg/ha) de maíz en la segunda época 172
A 51	Biomasa total (kg/ha) para maíz y frijol en el experimento..... 172
A 52	Biomasa total (kg/ha) de hierbas vivas al término de la primera y la segunda época y de hierbas descompuestas al inicio de la segunda época.... 173
A 53	Cuadrado medio de biomasa total (kg/ha) de maíz durante el experimento..... 173
A 54	Prueba de Duncan para comparaciones de media en biomasa total (kg/ha) de maíz, entre épocas y entre tratamientos..... 174

Cuadro No.	Página
A 55	Cuadrado medio de la biomasa total (Kg/ha) de hierbas vivas al final de la primera época y al término de la segunda época..... 174
A 56	Prueba de Duncan para comparaciones de media de la biomasa de hierbas vivas entre épocas..... 175
A57	Cuadrado medio de biomasa (kg/ha) de hierbas descompuestas al inicio de la segunda época..... 175
A 58	Cuadrado medio de nitrógeno total (%) en biomasa de maíz durante el experimento..... 176
A 59	Prueba de Duncan para comparaciones de media de nitrógeno total (%) entre épocas en biomasa de maíz..... 176
A 60	Cuadrado medio de fósforo y azufre total (%) de biomasa de maíz durante el experimento..... 177
A 61	Prueba de Duncan para comparaciones de media de fósforo y azufre total (%) entre épocas y entre tratamientos en biomasa total de maíz..... 177
A 62	Cuadrado medio de calcio y magnesio (%) en biomasa de maíz durante el experimento..... 178
A 63	Prueba de Duncan para comparaciones de media de magnesio (%) entre épocas en biomasa total de maíz..... 178
A 64	Cuadrado medio de potasio (%) en biomasa de maíz durante el experimento..... 179
A 65	Cuadrado medio de zinc y manganeso (ppm) en biomasa de maíz durante el experimento..... 180
A 66	Prueba de Duncan para comparaciones de media de zinc y manganeso (ppm) entre épocas y entre tratamientos en biomasa total de maíz..... 180
A 67	Cuadrado medio de nitrógeno total (%) en biomasa de frijol..... 181
A 68	Cuadrado medio de fósforo total y azufre total en porcentaje determinados en biomasa de frijol. 181
A 69	Cuadrado medio de calcio y magnesio en porcentaje determinados en biomasa de frijol..... 182

Cuadro No.	Página
A 70	Cuadrado medio de potasio (%) y manganeso (ppm) determinados en biomasa de frijol..... 182
A 71	Cuadrado medio de zinc y aluminio en partes por millón determinados en biomasa de frijol.... 183
A 72	Cuadrado medio de nitrógeno total (%) en biomasa de hierbas al término de la primera y la segunda época..... 183
A 73	Cuadrado medio de fósforo y azufre total (%) en biomasa de hierbas al término de la primera y la segunda épocas..... 184
A 74	Cuadrado medio de calcio (%), y magnesio (%) en biomasa de hierbas al término de la primera y la segunda épocas..... 184
A 75	Cuadrado medio de potasio (%) y manganeso (ppm) en biomasa de hierbas al término de la primera y la segunda épocas..... 185
A 76	Prueba de Duncan para comparaciones de media de potasio (%) entre tratamientos en biomasa de hierbas..... 185
A 77	Cuadrado medio de zinc y aluminio (ppm) en biomasa de hierbas al término de la primera y la segunda épocas..... 186
A 78	Prueba de Duncan para comparaciones de media de Zinc y aluminio (ppm) en biomasa de hierbas entre épocas y entre tratamientos..... 186
A 79	Cuadrado medio de nitrógeno total (%) en biomasa de hierbas descompuestas al inicio de la segunda época..... 188
A 80	Cuadrado medio de calcio y magnesio (%) en biomasa de hierbas descompuestas. Inicio segunda época..... 187
A 81	Cuadrado medio de fósforo (%) y azufre (%) en biomasa de hierbas descompuestas. Inicio segunda época..... 187
A 82	Cuadrado medio de zinc (ppm) y aluminio (ppm) en biomasa de hierbas descompuestas. Inicio segunda época..... 188

Cuadro No.	Página
A 83	Cuadrado medio de potasio (%) y manganeso (ppm) en biomasa de hierbas descompuestas. Inicio segunda época..... 188
A 84	Acumulación de nutrimentos del suelo en el cultivo de maíz y frijol durante el experimento. 189
A 85	Acumulación de nutrimentos del suelo en las malas hierbas en cada tratamiento al finalizar la primera época..... 190
A 86	Acumulación de nutrimentos del suelo en las malas hierbas en cada tratamiento al finalizar la segunda época..... 190
A 87	Aportación de nutrimentos al suelo por descomposición de malas hierbas al comienzo de la segunda época..... 191
A 88	Patrones de comparación (provisional)..... 192
A 89	Cuadrado medio de pH (H ₂ O) y el pH (KCl) en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) y en tres épocas de muestreo..... 193
A90	Prueba de Duncan para comparaciones de media de pH (H ₂ O) y pH (KCl) entre profundidad (0-10 y 10-30 ² cm) y entre época o muestreo..... 193
A91	Cuadrado medio de la acidez extractable del suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) durante el experimento..... 194
A 92	Prueba de Duncan para comparaciones de media de acidez extractable en el suelo entre muestreos.. 194
A 93	Cuadrado medio de materia orgánica (%) y nitrógeno (%) a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) en el suelo durante el experimento..... 195
A 94	Prueba de Duncan para comparaciones de media de materia orgánica (%) y nitrógeno(%) en el suelo entre profundidades, entre muestreo y entre tratamientos..... 195
A 95	Cuadrado medio de azufre extraíble y fósforo disponible (PPM) en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) durante el experimento.. 196

Cuadro No.	Página
A 96	Prueba de Duncan para comparaciones de media de azufre extraíble y fósforo disponible (PPM) en el suelo a dos profundidades, entre épocas o muestras y entre tratamientos..... 196
A 97	Cuadrado medio de calcio (meq/100 g) y magnesio (meq/100 g) en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) durante el experimento..... 197
A 98	Prueba de Duncan para comparaciones de media de calcio (meq/100 g) y magnesio (meq/100 g) en el suelo entre profundidad (0-10 y 10-30 cm), entre muestreos y entre tratamientos..... 197
A 99	Cuadrado medio de potasio y sodio, meq/100 g, en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) durante el experimento..... 198
A100	Prueba de Duncan para comparaciones de media de potasio y sodio, meq/100 g, en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) y en tres épocas o muestreos..... 198
A101	Cuadrado medio de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) y la relación C/N (%) en el suelo a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) durante el experimento..... 199
A102	Prueba de Duncan para comparaciones de medias de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) y C/N (%) a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) durante el experimento..... 199
A103	Características químicas del suelo antes de la siembra en la primera época..... 200
A104	Características químicas del suelo después de la cosecha en la primera época..... 201
A105	Características químicas del suelo después de la cosecha en la segunda época..... 202
A106	Malezas predominantes en el área experimental.. 203
A107	Registro de costos variables por hectárea durante el experimento..... 205
A108	Ingreso bruto total y margen bruto obtenidos en una hectárea en la primera época. Cultivos maíz y frijol..... 206

Cuadro No.		Página
A 109	Ingreso bruto total y margen bruto obtenidos en una hectárea en la segunda época. Cultivo maíz.....	207
A 110	Ingreso familiar por hectárea en cada época del experimento.....	208
A 111	Ingreso familiar por hectárea por año durante el experimento.....	209

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Precipitación, evaporación (total mensual) y balance hídrico atmosférico ocurrido durante el período experimental.....	52
2	Comportamiento del rendimiento (kg/ha) de frijol en relación al número de plantas por hectárea en la primera época.....	54
3	Comportamiento del rendimiento del frijol (kg/ha) con la succión matricial (bares) en la primera época.....	55
4	Comportamiento del rendimiento de maíz (kg/ha) con la succión matricial (bares) en la primera época.....	57
5	Comportamiento del rendimiento (kg/ha) de maíz en relación al número de plantas por hectárea en la segunda época.....	58
6	Comportamiento del rendimiento (kg/ha) de maíz con la succión matricial (bares) en la segunda época.....	59
7	Comportamiento de la biomasa total (kg/ha) de frijol en relación al número de plantas por hectárea en la primera época.....	61
8	Comportamiento de la biomasa total (kg/ha) de maíz en relación al número de plantas por hectárea en la primera época.....	62
9	Comportamiento de la biomasa total (kg/ha) de maíz en relación al número de plantas por hectárea en la segunda época.....	63
10	Comportamiento de la succión matricial semanal a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la primera época. Sitio abajo de los tratamientos.....	67
11	Comportamiento de la succión matricial semanal a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la primera época. Sitio arriba en los tratamientos.....	68

Figura No.	Página
12	Comportamiento de la succión matricial semanal a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la primera época. Promedio de dos sitios (abajo y arriba) en los tratamientos..... 69
13	Comportamiento de la succión matricial mensual a 20 cm. de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la primera época. Sitio abajo de los tratamientos.. 70
14	Comportamiento de la succión matricial mensual a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la primera época. Sitio arriba en los tratamientos 71
15	Comportamiento de la succión matricial mensual a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la primera época. Promedio de dos sitios (abajo y arriba) en los tratamientos..... 72
16	Comportamiento de la succión matricial semanal a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la segunda época. Sitio abajo en los tratamientos. 73
17	Comportamiento de la succión matricial semanal a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la segunda época. Sitio arriba en los tratamientos. 74
18	Comportamiento de la succión matricial semanal a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la segunda época. Promedio de dos sitios (abajo y arriba) en los tratamientos..... 75
19	Comportamiento de la succión matricial mensual a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la segunda época. Sitio abajo en los tratamientos. 76
20	Comportamiento de la succión matricial mensual a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la segunda época. Sitio arriba en los tratamientos. 77

Figura No.		Página
21	Comportamiento de la succión matricial mensual a 20 cm de profundidad en el suelo en función del balance hídrico atmosférico durante la segunda época. Promedio de dos sitios (abajo y arriba) en los tratamientos.....	78
22	Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) en relación con la materia orgánica (%) en el suelo a la profundidad de 0-10 cm durante el experimento. Tratamientos 2 y 3.....	86
23	Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) en relación con la materia orgánica (%) en el suelo a la profundidad de 10-30 cm durante el experimento. Tratamientos 2 y 3.....	87
24	Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g) en relación con la materia orgánica (%) en el suelo a 0-10 cm de profundidad durante el experimento.....	88
25	Diagrama de flujo de nutrimentos en el suelo...	90
26	Diagrama de flujo de nutrimentos (kg/ha) en el suelo durante el experimento. Tratamiento uno..	92
27	Diagrama de flujo de nutrimentos (kg/ha) en el suelo durante el experimento. Tratamiento dos..	93
28	Diagrama de flujo de nutrimentos (kg/ha) en el suelo durante el experimento. Tratamiento tres.	94

APENDICE

1	Curva de retención de humedad para estimar succión matricial mayor de 80 centibares. Sitio abajo de los tratamientos.....	210
2	Curva de retención de humedad para estimar succión matricial mayor de 80 centibares. Sitio arriba de los experimentos.....	211