

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

**EFEECTO DE VARIOS SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
SOBRE LA RESISTENCIA MECANICA DE LOS SUELOS**

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

Magister Scientiae

NESTOR ALBERTO TAFUR VILLARREAL

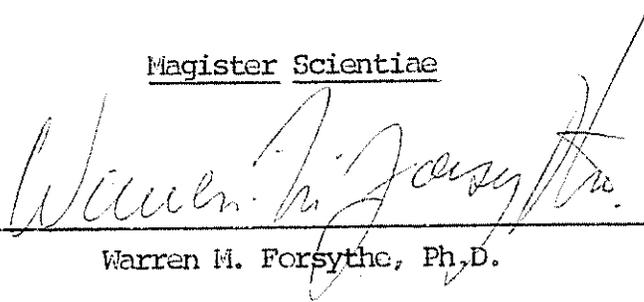
Turrialba, Costa Rica

1976

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 al grado de

Magister Scientiae

JURADO:

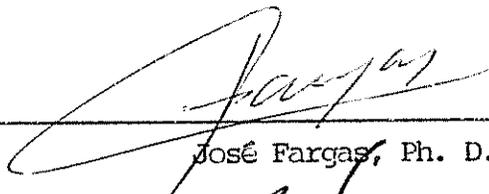

Warren M. Forsythe, Ph.D.

Consejero



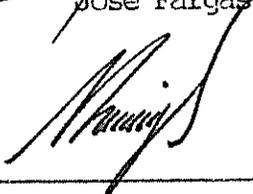
Rufo Bazán, Ph.D.

Comité



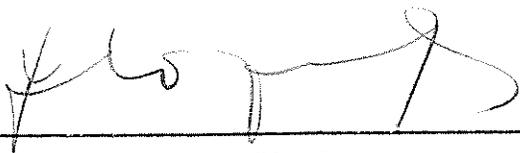
José Fargas, Ph. D.

Comité



Víctor Quiroga, Mag. Sc.

Comité



Coordinador
Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A Maggy
Mi adorada esposa

A mis queridos hijos: Carlos Alberto
María Claudia y
Ricardo José

A mis padres y hermanos
con cariño

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sinceros agradecimientos:

Al Dr. Warren Forsythe, Consejero Principal por su colaboración invaluable, por sus enseñanzas y por su permanente interés en la formación del graduado.

A los miembros de su Comité Consejero formado por los Doctores Rufo Bazan, José Fargas e Ingeniero Víctor Quiroga por sus sugerencias y observaciones al manuscrito.

Al Dr. Antonio Pinchinat por sus atinadas sugerencias durante el desarrollo de la investigación.

Al Dr. José E. Araujo, Director General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA).

Al Dr. Jorge Soria, Director del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

A los funcionarios del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE, Ing. Nicolás Mateo y señores Luis Torres, Alfredo Picado y Eduardo Tencio. El Sr. Manuel Zamora y el Personal de la Unidad de Procesamiento de Datos del IICA merecen especial reconocimiento por su diligencia en el manejo de los datos para la computadora.

Al Gobierno de Holanda y a la Zona Andina del IICA por el apoyo en la realización de los estudios de postgrado.

A la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) por las facilidades brindadas para efectuar los estudios.

A todos sus amigos que hicieron grata su estadía en Turrialba.

BIOGRAFIA

El autor nació en Barranquilla, Colombia. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio de San José de su ciudad natal y los profesionales en la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía de Palmira (Valle del Cauca), se graduó como Ingeniero Agrónomo en 1958.

De 1968 a 1970 trabajó como Edafólogo del Programa Nacional de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) con sede en el Centro de Turipaná (Córdoba). Colaboró como profesor catedrático de Fertilidad de Suelos en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Córdoba.

De 1970 a 1972 fue asesor técnico particular en el Departamento del Atlántico a agricultores afiliados a la Federación Nacional de Algodoneros y a la Corporación Algodonera del Litoral (CORAL). También fue asesor técnico en el Proyecto Atlántico No. 3 a campesinos adscritos a los programas del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA).

Durante parte del año de 1973 trabajó en el Programa de Adiestramiento del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

En enero de 1974 ingresó al Programa de Graduados de la Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE) para realizar sus estudios de postgrado en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales en el área de Física y Manejo de suelos, graduándose como Magister Scientiae en agosto de 1976.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Descripción de los procesos de compactación de suelos.....	4
2.2 Resistencia a la penetración	6
2.3 Fuerzas que causan compactación en el suelo	6
2.3.1 Efecto de la lluvia en los procesos de compactación	7
2.3.1.1 Encostramiento del suelo	8
2.3.2 Compactación por maquinaria e implementos agrícolas	10
2.3.3 Humedecimiento y secamiento	13
2.3.4 Compactación por tráfico humano	15
2.4 Efecto de la resistencia mecánica sobre la producción de los cultivos	15
2.5 Efecto de los sistemas de preparación de tierras sobre las características de los suelos y la producción de los cultivos	21
2.6 Efecto de la cobertura vegetal en las propiedades del suelo y rendimiento de las cosechas	28
2.7 Aspectos generales de la producción de yuca y camote..	33
3. MATERIALES Y METODOS	36
3.1 Localización del experimento	36
3.1.1 Area experimental	36
3.1.2 Clima	36
3.1.3 Suelo	37
3.2 Descripción del trabajo de investigación	37
3.2.1 Descripción del Experimento Central 1974--75....	37
3.2.1.1 Material vegetal empleado.....	39
3.2.1.2 Densidad, espaciamiento y modalidad de siembra.....	39
3.2.1.3 Tratamientos.....	41
3.2.1.4 Análisis de la información.....	42
3.2.2 Descripción del experimento sobre Métodos de Preparación de Tierras.....	46
3.2.2.1 Manejo de los sub-tratamientos.....	48
3.2.2.2 Análisis físicos.....	53
3.2.2.3 Análisis químicos.....	54
3.2.3 Experimento sobre el Pisoteo Humano.....	58
3.2.3.1 Aplicaciones de esfuerzos de pisoteos	

	<u>Página</u>
humanos en suelos sedimentados y no sedimentados sin cobertura vegetal muerta.....	61
3.2.3.2 Aplicaciones de esfuerzos de pisoteo humanos simples sobre suelos sedimentados con cobertura vegetal muerta..	63
3.2.3.3 Características estudiadas.....	64
3.2.3.4 Análisis de la información.....	65
4. RESULTADOS.....	69
4.1 Condiciones climáticas.....	69
4.2 Experimento Central 1974-75.....	69
4.2.1 Comparación de la resistencia a la penetración corregida y la humedad gravimétrica en cada época de muestreo.....	69
4.2.2 Comparación de la resistencia a la penetración corregida entre épocas de muestreo.....	71
4.2.3 Modelo de la dinámica de la resistencia del suelo durante 10 meses de ciclo agrícola.....	73
4.3 Experimento sobre métodos de preparación de tierras..	83
4.3.1 Comportamiento de los métodos de preparación de tierras en los 4 sub-tratamientos.....	83
4.3.1.1 Suelo descubierto (sin tránsito humano).....	83
4.3.1.2 Suelo con cobertura (sin tránsito humano).....	86
4.3.1.3 Suelo con maíz (con tránsito humano)..	87
4.3.1.4 Suelo con la asociación yuca-camote (con tránsito humano).....	89
4.3.2 Comportamiento de los subtratamientos en función del tiempo transcurrido.....	90
4.3.3 Comparación de los sub-tratamientos en las profundidades de estudio.....	109
4.3.4 Comportamiento de la densidad aparente, porosidad y espacio aéreo en los tratamientos y sub-tratamientos investigados.....	113
4.3.5 Análisis químicos.....	113
4.3.6 Análisis de correlación y de variancia de algunas características físicas y químicas componentes de rendimiento y rendimiento por hectárea de maíz en los métodos de labranza.....	115
4.3.7 Análisis de los rendimientos de la yuca y el camote en los métodos de labranza.....	117

	<u>Página</u>
4.3.8 Análisis de correlación de algunas características físicas y químicas con los rendimientos de la yuca y el camote.....	118
4.3.9 Componentes morfológicos y de rendimiento de la yuca en simbra asociada con el camote.....	119
4.4 Experimento sobre el pisoteo humano en condiciones controladas.....	125
4.4.1 Comportamiento de los suelos sedimentados con cobertura vegetal muerta bajo las aplicaciones de esfuerzos de pisoteo humanos simples.....	125
4.4.2 Comportamiento de los suelos (con y sin sedimentación) sin cobertura vegetal muerta bajo las aplicaciones de esfuerzos de pisoteo humanos simples....	127
4.4.3 Comportamiento de la resistencia y la humedad gravimétrica en los suelos sedimentados con y sin cobertura vegetal muerta.....	134
4.4.4 Comportamiento de los suelos no sedimentados sin cobertura vegetal muerta bajo las aplicaciones de esfuerzos de pisoteo humanos simples y compuestos..	136
5. DISCUSION.....	141
5.1 Experimento Central 1974-75.....	141
5.1.1 La resistencia a la penetración en cada profundidad de muestreo.....	141
5.1.2 La resistencia a la penetración durante el desarrollo de los cultivos.....	143
5.2 Experimento sobre métodos de preparación de tierras.	146
5.2.1 Comportamiento de los diferentes tratamientos (métodos de labranza).....	146
5.2.2 Comportamiento de los diferentes sub-tratamientos (suelos con y sin tránsito humano....	151
5.2.3 Comparación de la resistencia corregida, la densidad aparente y espacio aéreo entre los diferentes sub-tratamientos.....	153
5.2.4 Análisis químicos.....	156
5.2.5 Respuesta del maíz a los diferentes métodos de preparación de tierras.....	157
5.2.6 Componentes morfológicos y de rendimiento de la yuca asociada con camote.....	161

	<u>Página</u>
5.2.7 Rendimiento de la yuca asociada con camote....	163
5.2.8 Rendimiento del camote asociado con la yuca...	166
5.3 Pisotec humano controlado.....	169
6. CONCLUSIONES.....	174
7. RECOMENDACIONES.....	178
8. RESUMEN.....	180
8a. SUMMARY.....	183
9. LITERATURA CITADA.....	186
10. APENDICE.....	207

LISTA DE CUADROS

TEXTO

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Número de veces que se vuelve a pisar la misma área cuando se efectúan esfuerzos de pisoteos humanos simples.....	61
2	Numero de veces que se vuelve a pisar la misma área cuando se efectúan esfuerzos de pisoteos humanos compuestos.....	63
3	Esfuerzos estimados recibidos por el suelo cuando un hombre de 65 kg y con diferentes áreas de sostén pisa el terreno.....	64

APENDICE

A1	Condiciones climáticas que predominaron durante el período de la investigación entre noviembre de 1974 a abril 15 de 1976.....	208
A2	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y humedad gravimétrica en 48 tratamientos del Experimento Central 1974-75 durante la época inicial de muestreo...	209
A3	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y humedad gravimétrica en 19 tratamientos del Experimento Central 1974-75 que contenían frijol durante la segunda época de muestreo.....	209
A4	Valores de la resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica obtenidos en la época de muestreo inicial en 48 tratamientos y a cuatro profundidades en el Experimento Central 1974-75.....	210
A5	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenidos en la época de muestreo inicial de 48 tratamientos y cuatro profundidades en el Experimento Central 1974-75	212
A6	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica en la segunda época de muestreo (cosecha de frijol) en 19 tratamientos y cuatro profundidades del Experimento Central 1974-75.....	214

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A7	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenidos en la segunda época de muestreo (cosecha de frijol) en 19 tratamientos y a cuatro profundidades del Experimento Central 1974-75.....	215
A8	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y humedad gravimétrica en 25 tratamientos del Experimento Central 1974-75 que contenían maíz durante la tercer época de muestreo.....	216
A9	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y humedad gravimétrica en 7 tratamientos del Experimento Central 1974-75 que contenían camote durante la cuarta época de muestreo.....	217
A10	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica, obtenidos en la tercera época de muestreo (cosecha maíz) en 26 tratamientos y a 4 profundidades en el Experimento Central 1974-75.....	218
A11	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenidos en la tercera época de muestreo (cosecha de maíz) en 26 tratamientos y a 4 profundidades en el Experimento Central 1974-75.....	219
A12	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y la humedad gravimétrica entre la época inicial y la segunda época de muestreo de 19 tratamientos que contenían frijol en el Experimento Central 1974-75.....	220
A13	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica obtenidos en la época inicial y segunda época de muestreo (cosecha de frijol) en 19 tratamientos que contenían frijol en el Experimento Central 1974-75.....	221
A14	Humedad gravimétrica en porcentaje en la época inicial y segunda época de muestreo (cosecha de frijol) en 19 tratamientos que contenían frijol en el Experimento Central 1974-75.....	222

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A15	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y la humedad gravimétrica entre la época inicial y la tercera época de muestreo en 24 tratamientos que contenían maíz en el Experimento Central 1974-75.....	223
A16	Valores de resistencia a la penetración en bares corregida al 40% de humedad gravimétrica para la época inicial y segunda época de muestreo (cosecha de maíz) en 26 tratamientos que contenían maíz en el Experimento Central 1974-75.....	224
A17	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en la época inicial y segunda época de muestreo en 26 tratamientos que contenían maíz en el Experimento Central 1974-75.....	226
A18	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y la humedad gravimétrica entre la época inicial y la cuarta época de muestreo en 7 tratamientos que contenían camote en el Experimento Central 1974-75.....	228
A19	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica para la época inicial y segunda época de muestreo en 7 tratamientos que contenían camote en el Experimento Central 1974-75.....	229
A20	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en la época inicial y segunda época de muestreo en 7 tratamientos que contenían camote en el Experimento Central 1974-75.....	230
A21	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) y la humedad gravimétrica correspondientes a nueve tratamientos que contenían yuca durante cinco épocas de muestreo en el Experimento Central 1974-75.....	231
A22	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica en cinco épocas de muestreo en 9 tratamientos que contenían yuca en el Experimento Central 1974-75. Las épocas 4 y 5 corresponden a muestreos antes y después de la cosecha respectivamente.....	232

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A23	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en cinco épocas de muestreo en nueve tratamientos que contenían yuca en Experimento Central 1974-75. Las épocas 4 y 5 corresponden a muestreos antes y después de la cosecha respectivamente.....	235
A23 A	Contenidos de humedad de consistencia y capacidad de campo en el suelo Instituto pantanoso fase normal. Los promedios de cada unidad de muestreo vienen de 5 observaciones y los números entre paréntesis corresponden a las desviaciones estandar.....	238
A24	Matriz de correlación para algunas características físicas en el suelo descubierto, correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras.....	239
A25	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) en cuatro profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y cuatro épocas de muestreo en el Suelo Descubierto.....	240
A26	Cuadrados medios para la humedad gravimétrica en 4 profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y cuatro épocas de muestreo en el Suelo Descubierto.....	240
A27	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	241
A28	Valores de resistencia de la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	241
A29	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	242
A30	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	242

Cuadro No.Página

A31	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	243
A32	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	243
A33	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	244
A34	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en 6 métodos de preparación de tierras durante 4 épocas de muestreo.....	244
A35	Matriz de correlación de algunas características físicas en el suelo con cobertura determinadas en 6 métodos de preparación de tierras.....	245
A36	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) en cuatro profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y 4 épocas de muestreo en el Suelo con Cobertura.....	246
A37	Cuadrados medios para la humedad gravimétrica en 4 profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y 4 épocas de muestreo en el suelo con cobertura.....	246
A38	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	247
A38	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	247
A40	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	248

<u>Cuadro No.</u>	<u>Página</u>	
A41	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	248
A42	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenida en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	249
A43	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 5 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	249
A44	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	250
A45	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	250
A46	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) en 4 profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y 4 épocas de muestreo en Suelo de Maíz.....	251
A47	Cuadrados medios para la humedad gravimétrica en 4 profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y 4 épocas de muestreo en suelo de maíz.....	251
A48	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 5 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	252
A49	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	252
A50	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	253

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A51	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	253
A52	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenidos en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	254
A53	Humedad gravimétrica en porcentajes obtenidos en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	254
A54	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenidos en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	255
A55	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenidos en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	255
A56	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) en 4 profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y 4 épocas de muestreo en suelo con yuca-camote.....	256
A57	Cuadrados medios para la humedad gravimétrica en 4 profundidades correspondientes a 6 métodos de preparación de tierras y 4 épocas de muestreo en suelo con yuca-camote.....	256
A58	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	257
A59	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	257
A60	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	250

<u>Cuadro .No.</u>		<u>Página</u>
A61	Valores de resistencia a la penetración en bares corregidos al 40% de humedad gravimétrica determinados en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	258
A62	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	259
A63	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	259
A64	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	260
A65	Humedad gravimétrica en porcentaje obtenido en 6 métodos de preparación de tierras y durante 4 épocas de muestreo.....	260
A66	Condiciones químicas promedias a la profundidad de 0 - 15 cm de los 6 métodos de preparación de tierras a los 5 meses de siembra de los cultivos. Análisis efectuado bajo condiciones de suelo con humedad de campo expresados en base de suelo seco al horno.....	261
A67	Condiciones químicas promedias a la profundidad de 15-30 cm de los 6 métodos de preparación de tierras a los 5 meses de siembra de los cultivos. Análisis efectuado bajo condiciones de suelo con humedad de campo expresados en base de suelo seco al horno.....	262
A68	Características químicas promedias de 0-15 cm de profundidad de los cuatro tratamientos estudiados bajo los 6 sistemas de preparación de tierras. Análisis efectuados a los 5 meses de sembrados los cultivos bajo las condiciones de humedad de campo y expresados en base de suelo seco al horno.....	263
A69	Características químicas promedias de 15-30 cm de profundidad de los cuatro tratamientos estudiados bajo los 6 sistemas de preparación de tierras. Análisis efectuado a los 5 meses de sembrados los cultivos bajo las condiciones de humedad de campo y expresados en base de suelo seco al horno.....	264

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A70	Coeficientes de correlación para algunas características químicas y su relación que produjeron significancia a los niveles de 5% (*) y 1% (**) de probabilidad en los 6 métodos de preparación de tierras. Datos correspondientes al análisis de 34 parcelas.....	265
A71	Coeficientes de correlación para algunas características químicas, sus relaciones y rendimientos de maíz que produjeron significancia a los niveles de 5% (*) y 1% (**) de probabilidad. Datos corresponden al análisis de 8 parcelas de maíz.....	267
A72	Coeficientes de correlación para algunas características químicas, sus relaciones y rendimientos de yuca - camote que produjeron significancia a los niveles de 5% (*) y 1% (**) de probabilidad. Datos corresponden al análisis de 10 parcelas de yuca-camote.....	269
A73	Matriz de correlación para algunas características físicas y variables de rendimiento del maíz, determinados en 6 métodos de preparación de tierras.....	271
A74	Matriz de correlación para algunas características físicas del suelo variable y de rendimiento en el maíz, determinadas en 6 métodos de preparación de tierras..	272
A75	Cuadrados medios para la población de plantas y rendimiento de grano por Ha, número de mazorcas y rendimiento promedio de grano x planta en maíz Tuxpeño 1 en el Experimento sobre métodos de preparación de tierras..	273
A76	Población promedio de plantas de maíz por hectárea, número de mazorcas por plantas, rendimiento promedio de granos por planta y producción promedio de granos de mazorca en kg/ha al (14% de humedad) en los 6 sistemas de preparación de tierras.....	273
A77	Matrices de correlación determinados para los componentes morfológicos y de rendimientos obtenidos en 4 plantas de yuca por parcela del ensayo sobre métodos de preparación de tierras. Número de plantas analizadas 16.....	274
A78	Matrices de correlación determinados para los componentes morfológicos y variables biológicas de rendimiento obtenidas en 4 plantas de yuca por parcela del ensayo sobre métodos de preparación de tierras.....	275

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A79	Matrices de correlación determinadas para los componentes morfológicos y rendimientos obtenidos en 4 plantas de yuca por parcela del ensayo sobre métodos de preparación de tierras.....	276
A80	Matrices de correlación determinadas para los componentes morfológicos y de rendimiento obtenidos en 4 plantas de yuca por parcela del ensayo sobre métodos de preparación de tierras.....	277
A81	Matrices de correlación determinadas para los componentes morfológicos y de rendimientos obtenidos en 4 plantas de yuca por parcela del ensayo sobre métodos de preparación de tierras.....	278
A82	Matrices de correlación determinadas para los componentes morfológicos y de rendimientos obtenidos en 4 plantas de yuca por parcela de ensayo sobre métodos de preparación de tierras.....	279
A83	Coefficientes de correlación para los componentes de rendimiento de 4 plantas de yuca por parcela determinados en los 6 métodos de preparación de tierras.....	280
A84	Análisis descriptivo de las variables morfológicas y componentes de rendimientos determinados en plantas de yuca por parcela en el ensayo sobre métodos de preparación de tierras. La desviación estandar está indicada por las cifras entre paréntesis.....	281
A85	Cuadrados medios para algunas variables biomorfológicas y componentes de rendimiento en yuca Var. Japonesa en el experimento sobre métodos de preparación de tierras.....	282
A86	Matriz de correlación para algunas características físicas del suelo y rendimientos de yuca-camote determinados en 6 métodos de preparación de tierras.....	283
A87	Matriz de correlación para algunas características físicas del suelo y rendimientos de yuca-camote determinados en 6 métodos de preparación de tierras.....	284
A88	Cuadrados medios para los rendimientos de raíces de reserva de yuca (t/ha) var. Japonesa y tubérculos de camote (kg/ha) var C-15 determinados en el experimento sobre métodos de preparación de tierras.....	285

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A89	Rendimiento promedio (kg/ha) de raíces de reserva de yuca y tubérculos de camote (peso fresco) en los 6 métodos de preparación de tierras.....	285
A90	Estimación de los tiempos requeridos para efectuar las principales labores en el cultivo del maíz y cálculo de las probabilidades de que determinada área se pise de nuevo. (Datos obtenidos y estimados en la sección 3.2.3 pag. 58).....	286
A91	Estimación de los tiempos requeridos para efectuar las principales labores en el cultivo de la yuca y cálculo de las probabilidades de que determinada área se pise de nuevo.....	287
A92	Estimación de los tiempos requeridos para efectuar las principales labores en el cultivo del camote y cálculo de las probabilidades de que determinada área se pise de nuevo.....	288
A93	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (bares) y el desplazamiento (cm) de 6 tratamientos de pisoteo bajo 3 condiciones de humedad inicial de los suelos.....	289
A94	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (bares) y la humedad gravimétrica final (%) de 6 tratamientos de pisoteo bajo 3 condiciones de humedad inicial de los suelos.....	289
A95	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo y bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo.....	290
A96	Desplazamiento vertical del suelo en centímetros (cm) obtenidos al ser aplicados 6 tratamientos de pisoteo bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo.....	291
A97	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo.....	291
A98	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido el suelo a 6 tratamientos de pisoteo.....	292
A99	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (bares) y humedad gravimétrica final (%) de 6 tratamientos de pisoteo bajo 3 contenidos de humedad inicial de los suelos.....	292

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A100	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo.....	293
A101	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido el suelo a 6 tratamientos de pisoteo.....	293
A102	Cuadrados medios para el desplazamiento (cm) y resistencia a la penetración (bares) en 6 tratamientos de pisoteo dos condiciones de sedimentación y bajo 3 contenidos de humedad inicial del suelo.....	294
A103	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo y bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo...i.....	295
A104	Desplazamiento vertical del suelo en centímetros (cm) obtenidos al ser aplicados 6 tratamientos de pisoteo y bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo.....	295
A106	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo.....	296
A107	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido al suelo a 6 tratamientos de pisoteo.....	296
A109	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo.....	297
A110	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido al suelo a 6 tratamientos de pisoteo y bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo	297
A111	Valores de resistencia a la penetración en bares obtenidos en dos condiciones de sedimentación y bajo 3 contenidos de humedad inicial del suelo.....	298
A112	Desplazamiento vertical del suelo en centímetros (cm) obtenidos en dos condiciones de sedimentación y bajo 3 contenidos de humedad inicial del suelo.....	298
A113	Valores de resistencia a la penetración en bares obtenidos en dos condiciones de sedimentación.....	299
A114	Humedad gravimétrica final obtenida en dos condiciones de sedimentación.....	299

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A115	Valores de resistencia a la penetración en bares obtenidos en dos condiciones de sedimentación.....	300
A116	Humedad gravimétrica final obtenida en dos condiciones de sedimentación.....	300
A117	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo bajo tres condiciones de humedad inicial del suelo y dos condiciones de sedimentación de los suelos.....	301
A118	Desplazamiento vertical del suelo en centímetros (cm) obtenidos al ser aplicados 6 tratamientos de pisoteo bajo 3 condiciones de humedad inicial y dos condiciones de sedimentación de los suelos.....	301
A119	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo y bajo dos condiciones de sedimentación de los suelos.....	302
A120	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido el suelo a 6 tratamientos de pisoteo y bajo dos condiciones de sedimentación de los suelos.....	302
A121	Valores de resistencia de la penetración en bares determinados en 6 tratamientos de pisoteo y bajo dos condiciones de sedimentación de los suelos.....	303
A122	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido al suelo a 6 tratamientos de pisoteo y bajo dos condiciones de sedimentación de los suelos.....	303
A123	Incrementos de la resistencia promedio no corregida correspondientes a los suelos con y sin cobertura vegetal en dos épocas de muestreo a dos contenidos de humedad y a 00 cm de profundidad.....	304
A124	Comparación de la resistencia promedio no corregida correspondientes a los suelos con y sin cobertura vegetal a los 10 días de haber efectuado el pisoteo y a 10 cm de profundidad.....	304
A125	Incrementos de la resistencia promedio no corregida correspondientes a los suelos con y sin sedimentación en las dos épocas de muestreo y a 00 cm de profundidad...	304

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
A126	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (bares) en 14 tratamientos de pisoteo y tres condiciones de humedad iniciando los suelos.....	305
A127	Cuadrados medios para la resistencia a la penetración (bares) y humedad gravimétrica final de 14 tratamientos de pisoteos bajo tres condiciones de humedad inicial de los suelos.....	305
A128	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 14 tratamientos de pisoteo y bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo.....	306
A129	Desplazamiento vertical del suelo en centímetros (cm) obtenidos al ser aplicados en 14 tratamientos de pisoteo bajo 3 condiciones de humedad inicial del suelo..	307
A130	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 14 tratamientos de pisoteo.....	308
A131	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido el suelo a 14 tratamientos de pisoteo.....	309
A132	Valores de resistencia a la penetración en bares determinados en 14 tratamientos de pisoteo.....	310
A131	Humedad gravimétrica final obtenida a los 10 días después de haber sometido el suelo a 14 tratamientos de pisoteo.....	311

LISTA DE FIGURAS

Texto	<u>Página</u>
<u>Figura No.</u>	
1 Experimento Central sobre sistemas de producción de cultivos 1974-75. Distribución de tratamientos.....	38
2 Bimonograma de cultivos. Experimento Central 1974-75.....	40
3 Epocas de muestreo y comparaciones de tratamientos efectuados en el Experimento Central 1974-75.....	44
4 Experimento sobre seis métodos de preparación de tierras y cuatro sultratamientos.....	49
5 Comportamiento de la resistencia a la penetración en bares (no corregida) y la humedad gravimétrica a la profundidad de 00 cm., durante 10 meses de ciclo agrícola en el Experimento Central 1974-75.....	74
6 Comportamiento de la resistencia a la penetración en bares (no corregida) y la humedad gravimétrica de 20 cm., durante 10 meses de ciclo agrícola en el Experimento Central 1974-75.....	77
7 Comportamiento de la resistencia a la penetración en bares (no corregida) y la humedad gravimétrica a la profundidad de 30 cm., durante 10 meses de ciclo agrícola en el experimento central 1974-75.....	78
8 Relación entre la resistencia a la penetración en bares (no corregida) la humedad gravimétrica y la succión estimada a 20 cm de profundidad en el Experimento Central 1974-75.....	79
9 Relación entre la resistencia a la penetración en bares (no corregida) la humedad gravimétrica y la succión estimada a 30 cm de profundidad en el Experimento Central 1974-75.....	80
10 Comportamiento de la resistencia a la penetración en bares (corregida al 40% de humedad gravimétrica) a las profundidades de 00, 10, 20 y 30 cm durante 10 meses de ciclo agrícola en el experimento central 1974-75.....	81

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
11	Comportamiento de la humedad gravimétrica a la profundidad de 10 cm., durante 10 meses de ciclo agrícola en el Experimento Central 1974-75.....	82
12	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con la humedad gravimétrica a la profundidad de 00 cm. en el ensayo sobre preparación de tierras.....	91
13	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con la humedad gravimétrica a la profundidad de 10 cm.....	93
14	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con la humedad gravimétrica a la profundidad de 20 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	94
15	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con la humedad gravimétrica a la profundidad de 30 cm., en el ensayo sobre preparación de tierras.....	96
16	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 00 cm. en el ensayo sobre preparación de tierras.....	97
17	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 10 cm. en el ensayo sobre preparación de tierras.....	98
18	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 20 cm. en el ensayo sobre preparación de tierras.....	99
19	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 30 cm. en el ensayo sobre preparación de tierras.....	100
20	Variaciones de la humedad gravimétrica de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 00 cm. en el ensayo sobre preparación de tierras.....	101

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
21	Variaciones de la humedad gravimétrica de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 10 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	102
22	Variaciones de la humedad gravimétrica de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 20 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	103
23	Variaciones de la humedad gravimétrica de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 30 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	104
24	Variaciones de la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) de 3 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 00 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	105
25	Variaciones de la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) de 3 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 10 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	106
26	Variaciones de la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 20 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	107
27	Variaciones de la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) de 4 subtratamientos en relación con las épocas de muestreo a la profundidad de 30 cm en el ensayo sobre preparación de tierras.....	108
28	Comparación de medias por subtratamientos y profundidad para la resistencia a la penetración (corregida al 40% de humedad gravimétrica) en el ensayo sobre preparación de tierras.....	111
29	Comparación de medias por subtratamiento y profundidad para la humedad gravimétrica en el ensayo sobre preparación de tierras.....	112

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
30	Comparación de las medias correspondientes al espacio aéreo (%) de los diferentes métodos de preparación de tierras.....	114
31	Comparación de medias por subtratamientos para la densidad aparente, porosidad total y espacio aéreo.	121
32	Comparación de medias por tratamientos para la altura de planta (cm) diámetro del tallo (mm) y número de raíces por planta de yuca.....	122
33	Comparación de medias por tratamientos para los componentes de rendimiento de la yuca.....	123
34	Comparación de medias por tratamiento para componentes de rendimiento de la yuca.....	124
35	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 6 tratamientos de pisoteo humano cuando las condiciones iniciales de humedad (suelos secos, a capacidad de campo y empapados) pasan después de los 10 días a otros contenidos finales de humedad.....	128
36	Variaciones de la resistencia a la penetración (no corregida) de 6 tratamientos de pisoteo humano cuando las condiciones iniciales de humedad (suelos secos, a capacidad de campo y empapados) pasan después de los 10 días a otras condiciones de finales de humedad.....	131
37	Comparación de medias por profundidad y épocas de muestreo para la resistencia a la penetración (no corregida) y la humedad gravimétrica de los suelos con y sin cobertura vegetal muerta.....	135
38	Aumentos de la resistencia a la penetración (no corregida) en bares obtenida por 14 tratamientos de pisoteo humano a la profundidad de 00 cm a los 10 días de haber efectuado el pisoteo.....	139
39	Aumentos de la resistencia a la penetración (no corregida) en bares obtenida por 14 tratamientos de pisoteo humano a la profundidad de 10 cm y a los 10 días de haber efectuado el pisoteo.....	140

APENDICE

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
A1	Relación entre la succión en bares y la humedad gravimétrica (%) a la profundidad de 00 cm en un suelo compactado.....	312
A2	Relación entre la succión en bares y la humedad gravimétrica (%) a la profundidad de 10 cm en un suelo compactado.....	313
A3	Relación entre la succión en bares y la humedad gravimétrica (%) a la profundidad de 20 a 30 cm en un suelo compactado.....	314
A4	Relación entre la succión en bares y la humedad gravimétrica (%) a la profundidad de 00 cm en un suelo sin compactar.....	315
A5	Relación entre la succión en bares y la humedad gravimétrica (%) a la profundidad de 10 cm en un suelo sin compactar.....	316
A6	Relación entre la succión en bares y la humedad gravimétrica (%) a la profundidad de 20 a 30 cm en un suelo sin compactar.....	317