

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DE SISTEMAS DE LABRANZA CON ARROZ DE  
SECANO EN ROTACION CON SORGO FORRAJERO

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

*Magister Scientiae*

por

RENAN AGUERO ALVARADO

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE  
Departamento de Producción Vegetal

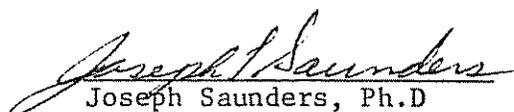
Turrialba, Costa Rica

1984

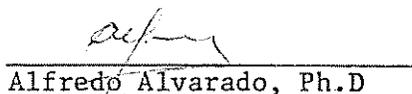
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente, por la Comisión de de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar por el grado de

MAGISTER SCIENTIAE

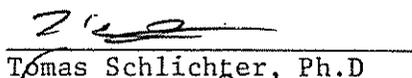
JURADO:

  
Joseph Saunders, Ph.D

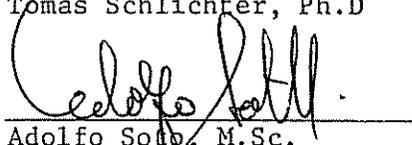
Profesor Consejero

  
Alfredo Alvarado, Ph.D

Miembro del Comité

  
Tomas Schlichter, Ph.D

Miembro del Comité

  
Adolfo Soto, M.Sc.

Miembro del Comité

  
Director del Programa de Estudios de Posgrado  
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

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

  
Renán Aguero Alvarado

CANDIDATO

## DEDICATORIA

A mi esposa, Ana María y a mi  
hijita, Silvia María

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Joseph Saunders, por su excelente trato humano y profesional.

Al Dr. Alfredo Alvarado, M. Sc. Adolfo Soto y Dr. Tomás Schlichter, por su esmerada revisión del trabajo escrito y por los oportunos consejos durante la marcha del mismo.

Al Ing. Juan Ramón Navarro, por su asesoría desinteresada en el análisis estadístico de los datos.

Especial reconocimiento al Gobierno de Inglaterra, con cuyo aporte económico llevé a cabo la maestría.

A todas aquellas personas que de múltiples maneras me apoyaron durante esta importante etapa de mi vida.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Alajuela, Costa Rica, el 20 de febrero de 1959. Finalizó sus estudios secundarios en el Colegio Marista de esa ciudad. El título de Bachiller en Ingeniería Agronómica lo obtuvo en febrero de 1982 y el de Ingeniero Agrónomo, en agosto de 1983; ambos en la Escuela de Fitotecnia, de la Universidad de Costa Rica.

En marzo de 1982 ingresó al Programa de Posgrado UCR-CATIE y finalizó sus estudios en setiembre de 1984.

Desde marzo de 1984, imparte los cursos de "Maquinaria Agrícola" e "Introducción al Estudio de Plantas Nocivas"; además, dirige varios proyectos de Investigación en Plantas Nocivas, para la Universidad de Costa Rica.

## CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
BIOGRAFIA.....	v
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 Cambios en las propiedades físico-químicas y en la conservación de suelos, inducidos por diferentes tipos de labranza	3
2.1.1 Conservación de suelos.....	3
2.1.2 Propiedades físicas.....	4
2.1.3 Propiedades químicas.....	5
2.2 Cambios en la incidencia de plagas.....	6
2.3 Cambios en la incidencia de malezas.....	7
2.4 Requerimientos económicos y energéticos.....	9
2.5 Cambios en el rendimiento de los cultivos.....	10
2.6 Maquinaria involucrada en los sistemas de labranza.....	11
2.7 Algunos trabajos de labranza conducidos con arroz.....	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	14
3.1 Localización, suelos y clima.....	14
3.2 Antecedentes del terreno experimental.....	14
3.3 Experimento 1: Tres sistemas de labranza con arroz de secano.....	17
3.4 Experimento 2: Diferentes manejos del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero.....	20
4. RESULTADOS.....	23
4.1 Experimento 1: Tres sistemas de labranza con arroz de secano	23
4.1.1 Germinación del cultivo.....	23
4.1.2 Incidencia de plagas.....	23

4.1.3	Incidencia de malas hierbas.....	25
4.1.4	Variables tomadas al suelo.....	28
4.1.5	Incidencia de <u>Piricularia oryzae</u> .....	29
4.1.6	Variables tomadas al cultivo.....	29
4.1.7	Balance económico.....	34
4.1.8	Balance energético.....	34
4.2	Experimento 2: Manejo del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación.....	34
4.2.1	Variables agronómicas.....	34
4.2.2	Variables tomadas al suelo.....	38
4.2.3	Incidencia de malezas.....	41
5.	DISCUSION.....	42
5.1	Experimento 1: Tres sistemas de labranza con arroz de secano.....	42
5.1.1	Germinación del cultivo.....	42
5.1.2	Incidencia de plagas.....	42
5.1.3	Incidencia de malas hierbas.....	43
5.1.4	Variables tomadas al suelo.....	44
5.1.5	Variables agronómicas.....	45
5.2	Experimento 2: Manejo del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación.....	45
6.	CONCLUSIONES.....	47
6.1	Experimento 1: Tres sistemas de labranza con arroz de secano.....	47
6.2	Experimento 2: Manejo del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación.....	48
7.	RECOMENDACIONES GENERALES.....	49
8.	BIBLIOGRAFIA CITADA.....	50

"Evaluación de sistemas de labranza con arroz de secano en rotación con sorgo forrajero"

## RESUMEN

Se evaluaron prácticas de laboreo convencional, mínima y cero labranza, con arroz de secano seguido por sorgo forrajero.

En la primera parte del estudio, se sembró arroz de secano variedad CR-1113. Se estimó la incidencia de malezas e insectos, la compactación del suelo y la producción de grano.

El tratamiento de labranza convencional con dos aplicaciones post-emergentes de propanil a 3 kg/ha cada una, mostró la menor incidencia de malezas y el mayor rendimiento de grano. Aunque este tratamiento no difirió del de labranza mínima (eliminación de la vegetación previo a la siembra con 1,5 kg/ha de glifosato; voleo de la semilla de arroz e incorporación con una pasada de rastra y, dos aplicaciones postemergentes de propanil); en lo económico, el primero reportó el mayor retorno a la inversión.

La incidencia de malezas gramíneas como Rottboellia exaltata, Antherphora hermafrodita y Cenchrus echinatus provocó mermas en el rendimiento de grano del cultivo, a través de una disminución en la producción de biomasa y del peso de espigas y granos individuales.

Los tratamientos de labranza mínima, con sólo una aplicación post-emergente de propanil a 3 kg/ha, mostraron la mayor incidencia de malezas y la menor producción de grano.

Los cuatro tratamientos evaluados de cero labranza, no germinaron, debido a la falta de contacto íntimo entre las semillas y el suelo y a las buenas condiciones de drenaje de éste.

No hubo diferencias en producción de grano entre tratamientos, debido a la incidencia de plagas. Lo anterior pudo ser el resultado combinado de las bajas poblaciones de insectos que ocurrieron y la capacidad del arroz de tolerar ataques de plagas del follaje.

A 15 cm de profundidad, la compactación del suelo superó a la medida en la superficie, excepto en los tratamientos con cero labranza, en los cuales se obtuvieron valores similares en ambas mediciones.

En la segunda parte del estudio, después de la cosecha del arroz, se aplicaron diferentes manejos al rastrojo dejado por éste y se sembró sorgo forrajero (Sorghum bicolor) híbrido Sudax SX-17.

La mayor producción de biomasa a los 25 y 50 días después de la siembra, se obtuvo cuando se eliminó el rastrojo de arroz por medio de un corte mecánico a ras del suelo, seguido del voleo de la semilla e incorporación de ésta con una pasada de rastra. Estos resultados sugieren que los agricultores podrían aprovechar el rastrojo de arroz en la elaboración de pacas de heno y de inmediato, sembrar sorgo forrajero como forraje extra para los últimos meses del verano.

Las plantas de sorgo que crecieron en los tratamientos con labranza convencional, mostraron síntomas severos de deficiencia hídrica lo que redundó en una menor producción de biomasa y una menor altura de plantas.

# "Evaluation of tillage systems with rice in rotation with forage sorghum"

## SUMMARY

Zero, minimal and conventional tillage practices were evaluated with rice fallowed by forage sorghum.

In the first part of the study, upland rice variety CR-1113 was sown. Weed and pest incidence; grain yield and soil compaction were measured.

Conventional tillage (soil plowed ~~for~~ times, two post emergence applications of propanil) gave the best weed control, highest yield and the best economic return but was not significantly different from minimum tillage (elimination of vegetation prior to planting with 1,5 kg/ha glyphosate, seed broadcasted and incorporated by one pass with disk harrow, two post emergence applications of propanil).

Incidence of graminaceous weeds (such as Rottboellia exaltata, Antherophora hermafrodita and Cenchrus echinatus), reduced grain yields by reducing biomass production, weight of spikes and weight of individual grains.

Greatest weed incidence and the least grain yield occurred with minimum tillage and one application of propanil at 3 kg/ha.

There was no germination in the four treatments proposed for zero tillage, probably due to the poor contact between seeds and soil, besides the good drainage characteristics of the soil.

There were no significant differences in grain yield between treatments due to pest incidence, probably because of low populations and/or the great capacity of rice to support damage to foliage.

At 15 cm depth, soil compactation was higher than that measured superficially; except for zero tillage treatments, in which both measures reported similar values.

Forage sorghum hybrid Sudax SX-17 was sown after the rice harvest. Different kinds of stubble management were used.

The most biomass 25 and 50 days after planting was obtained when the rice stubble was cut and eliminated followed by broadcasting the seeds and incorporating them with a disk harrow. This result may mean that farmers can cut the rice stubble to feed their cattle and grow a forage sorghum for the late summer months.

Treatments with conventional tillage showed severe water stress symptoms that reduced their biomass production and the plants height.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1	Características físicas y químicas del suelo en el lote experimental.....	15
2	Datos del clima registrados por la Estación Meteorológica Llano Grande durante 1983.....	16
3	Tratamientos de labranza con arroz de secano.....	18
4	Descripción de los agroquímicos evaluados.....	19
5	Tratamientos evaluados con sorgo forrajero.....	22
6	Recuento de malezas gramíneas y de hoja ancha a los 14 dds.....	25
7	Porcentaje de cobertura por malezas a los 25, 40 y 60 dds.....	26
8	Peso fresco de malezas a los 40 y 60 dds.....	27
9	Compactación del suelo en la superficie y a 15 cm de profundidad en los tratamientos con arroz de secano....	28
10	Incidencia de <u>Piricularia oryzae</u> a los 60 dds.....	29
11	Peso fresco de plantas y espigas de arroz y altura promedio de plantas a los 90 dds.....	30
12	Relación espiga/follaje entre plantas de arroz a los 120 dds.....	31
13	Peso de 1000 granos de arroz a los 120 dds.....	31
14	Rendimiento de grano en las parcelas y subparcelas útiles.....	32
15	Coefficientes de correlación (r) entre algunas variables evaluadas.....	33
16	Costos variables, ingresos totales y márgenes brutos de ganancia, para los dos tratamientos con mayor producción de grano.....	35
17	Balance energético entre los tratamientos que presentaron la mayor producción de grano.....	36
18	Recuento de plantas de sorgo a los 25 y 50 dds.....	37

Cuadro N°		Página
19	Peso fresco de plantas de sorgo a los 25 y 50 dds.....	38
20	Altura promedio de plantas de sorgo a los 25 y 50 dds...	39
21	Contenido de N foliar a los 50 dds.....	39
22	Porcentaje de humedad en el suelo a los 45 dds; compac- tación del suelo en la superficie y a 15 cm de profundi- dad.....	40
23	Recuento y peso fresco de malezas a los 25 y 50 dds....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	<u>Promedio poblacional de Spodoptera frugiperda, Chaetocnema sp. y Sogatodes spp.....</u>	24

## 1. INTRODUCCION

El arroz es uno de los cultivos más difundidos en el mundo y en algunos países, es el cereal de mayor consumo.

En Costa Rica, este grano ocupa vastas extensiones, con una importante concentración de área en la provincia de Guanacaste. En este lugar, se practican diferentes sistemas de producción y se hace uso de varios tipos de suelos; algunos, muy susceptibles a la erosión hídrica y eólica y otros con condiciones difíciles para la labranza. Lo anterior ha despertado el interés por sistemas de mínimo laboreo. Este trabajo responde a uno de los primeros intentos en ese sentido y como objetivos se propuso evaluar tres sistemas de labranza con arroz de secano respecto a: germinación y desarrollo del cultivo, incidencia de malezas y plagas, compactación de suelos, costos de producción, rendimiento de grano, rentabilidad económica y energética.

En una segunda fase del estudio, se decidió evaluar el efecto de diferentes manejos del rastreo de arroz sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación. Esto último, con el objeto de desarrollar sistemas de producción que además del rastreo, aporten forraje extra para los bovinos de la región, que suelen afrontar deficiencias de pasto en los últimos meses del verano. En Filipinas se siembra caupí con cero labranza, después de cosechar el arroz, para aprovechar la humedad residual en la germinación del caupí (49). Similar situación se evaluó en esta segunda fase de la investigación y se estimaron variables de crecimiento, humedad del suelo, compactación del suelo, contenido foliar de nitrógeno e incidencia de malezas.

## 2. REVISION DE LITERATURA

Los trópicos se sitúan entre los 23,5 grados al Norte y al Sur del Ecuador. Comprenden el 38 % de la superficie terrestre (aproximadamente 5 billones de hectáreas) y el 45 % de la población del mundo (73). Cerca de 72 países yacen totalmente, o en su mayoría, dentro del trópico y generalmente, son países en vías de desarrollo. La economía de la mayoría de esas naciones se basa en la agricultura, actividad que puede mejorarse en mucho con nuevas tecnologías (73).

El arroz (Oryza sativa L.) es el cultivo alimenticio que se produce en mayores cantidades en el mundo y ocupa la mayor área en los trópicos; sin embargo, la producción de la zona templada corresponde al 45 % de la producción mundial (73). Por otra parte, en América Latina y Africa predomina el sistema de producción conocido como "secano" o arroz de temporal (24, 73).

La preparación de suelos es uno de los rubros que más encarece la producción de alimentos anuales (91). La principal razón para su empleo ha sido el control de malezas (89) y el poner las semillas en contacto íntimo con el suelo, para asegurar una buena germinación (58, 78). Sin embargo, con el desarrollo de herbicidas eficientes para eliminar la vegetación previo a la siembra (5, 10, 18, 85, 86, 89) y con el perfeccionamiento de maquinaria de siembra capaz de enterrar la semilla a través de una cubierta vegetal (10, 89), la labranza convencional paulatinamente ha dado paso a la mínima y cero labranza. El balance de ventajas y desventajas pareciera favorecer a estos últimos sistemas (69, 79, 82). A pesar de eso, no debe olvidarse que se requiere un nivel tecnológico superior de parte de los agricultores, en los sistemas de mínima y cero

labranza que con labranza convencional (68).

En 1968 se sembraron cerca de 50.000 hectáreas de maíz sin labranza en Estados Unidos (37); todo parece indicar que la labranza convencional seguirá siendo sustituida por mínima labranza y no laboreo; con estimaciones en Estados Unidos, de que para el año 2.000, el 65 % del área destinada a cultivos anuales será sembrada con mínima labranza (69).

## 2.1 Cambios en las propiedades físico-químicas y en la conservación de suelos, inducidos por los diferentes tipos de labranza

### 2.1.1 Conservación de suelos

La aceptación de la cero labranza y su adopción por los agricultores han sido mayores en suelos de buen drenaje, de textura media, y de cierta pendiente; suelos en general, susceptibles de sufrir erosión (12, 36).

La eficiencia del no laboreo en el control de la erosión está directamente relacionada con la cantidad de rastrojo que se mantiene sobre la superficie del suelo (7, 12, 27, 47, 53). Meyer et al (53), cuando no dejaron ningún rastrojo sobre un suelo franco, no laboreado y con un 15 % de pendiente, obtuvieron pérdidas por erosión de 62,3 TM/ha/año; mientras en aquellos tratamientos con 4,48 TM/ha de rastrojo, la erosión fue tan solo de 2,5 TM/ha/año.

Campbell et al (17), apuntan que en cuatro estados norteamericanos, valores hasta del 60 % de los rastrojos producidos por cultivos anuales, deben permanecer sobre el suelo, para prevenir daños por erosión.

La velocidad del agua de escorrentía en terrenos con coberturas, se puede reducir a menos de la mitad de aquella en terrenos al descubierto (53). Moody, Jones y Lillard (56) encontraron que las pérdidas del suelo

por escorrentía fueron siete veces superiores en suelos al descubierto que en suelos con cobertura vegetal; además, las pérdidas de agua por evaporación, aumentaron considerablemente cuando los suelos permanecieron descubiertos (15).

Juo y Lal (42) adujeron la pérdida de nutrimentos de un alfisol con labranza convencional, a la erosión del suelo. Esta pérdida de la capa superficial del suelo y de los nutrimentos puede resultar en reducciones significativas del rendimiento de los cultivos, en especial, en suelos con horizontes poco profundos (46).

### 2.1.2 Propiedades físicas

Según Phillips (68), el efecto de la cero labranza en las propiedades físicas es mínimo y más bien, tiende a preservarlas y mejorarlas lentamente (58).

Macartney et al (51), intentaron mecanizar el sistema de cero labranza con el que los agricultores de ciertas regiones de Trinidad y Tobago siembran el maíz. El resultado fue una drástica caída de la germinación debido a la compactación, como lo indicaron las medidas de densidad aparente. Resultados similares encontró Sánchez (72), en el bosque amazónico peruano. Aguero (1), en la región de Guanacaste, encontró que la compactación, si bien es real, no ocurre con la misma intensidad en todos los suelos y depende en gran parte del material parental.

Northwood y Macartney (62), sugieren que la rotación de sistemas de laboreo, puede disminuir problemas de compactación provocados al disminuir la labranza.

Lal, Wilson y Okigbo (47), en un estudio con cuatro gramíneas y cuatro leguminosas (Panicum, Setaria, Brachiaria, Melinis, Centrosema,

Pueraria, Glycine y Stylosanthes) encontraron más lombrices por metro cuadrado con todos estos géneros de plantas, comparados con un testigo descubierto; lo que según dichos autores produce una mejor infiltración en suelos con coberturas. Barnes y Ellis (9), obtuvieron un mayor número de invertebrados en suelos con cero labranza y notaron que la diferencia tendía a aumentar con el tiempo.

Blevins et al (12), encontraron mayores humedades volumétricas hasta 60 cm de profundidad, en suelos con cero labranza comparados con suelos bajo labranza convencional. Según ellos, lo anterior permite a cultivos sometidos a cero labranza, sobrellevar períodos cortos de sequía. Similares resultados reportó Lal en Nigeria (46).

Las fuertes lluvias que caen en los trópicos destruyen la estructura de suelos expuestos por labranza, disminuyen la infiltración y dejan al suelo susceptible a la erosión. Bajo estas condiciones, la mínima alteración del suelo es deseable (58).

### 2.1.3 Propiedades químicas

Al poco tiempo de disminuir la labranza, los efectos en las propiedades químicas son aparentes. Según Phillips (68), mejora la distribución del fósforo en el suelo y aumenta la absorción de dicho elemento por las plantas; además, hay más materia orgánica en los suelos no laboreados, principalmente cerca de la superficie, lo que pareciera estar asociado al mantenimiento de una buena estructura del suelo y una mejor infiltración del agua.

Lal, citado por Blevins y Thomas (13), advierte que en condiciones tropicales donde ocurren regímenes hídricos diferentes, los resultados son muy distintos a los de zonas templadas. En general, con cero

labranza, obtuvo mayores niveles de calcio, magnesio y potasio; el pH se mantuvo estable, lo que pudo deberse al marcado incremento de la capacidad de intercambio catiónico al aumentar el contenido de materia orgánica.

Según Blevins y Thomas (13), los resultados anteriores sugieren que la cero labranza puede jugar un papel importante en la retención de nutrientes en los suelos tropicales.

En un estudio de seis años sobre las propiedades químicas y el contenido de nutrientes de un alfisol con dos manejos de labranza y siembras consecutivas de maíz, Juo y Lal (42) encontraron que la cero labranza con residuos de cultivo como cobertura, mostró los más altos niveles de carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio y calcio intercambiables.

## 2.2 Cambios en la incidencia de plagas

La cero labranza puede afectar la incidencia de plagas, al modificar el microambiente en que éstas se desenvuelven. Plagas secundarias pueden cobrar importancia y plagas primarias pueden perderla, dependiendo de sus necesidades específicas y de las variaciones causadas por el nuevo sistema de cultivo (19).

El manejo de insectos con cero labranza, es difícil, por los problemas en la aplicación de pesticidas para el control de plagas del suelo y el mayor tiempo requerido para las aplicaciones postemergentes. A pesar de esto, se han obtenido resultados promisorios con aplicaciones de materiales como carbofurán y terbufos, para el ataque de plagas del suelo y algunas del follaje (35).

Otras vías no químicas para resolver problemas de plagas bajo cero labranza podrían ser: aumento de la actividad predator/parásito, uso de

variedades resistentes o más tolerantes, desarrollo de secuencias rotacionales, mejorar la nutrición de los cultivos a través de mejores prácticas de fertilización, aumento de la densidad de siembra, y otras (35).

El complejo de insectos del suelo presenta los mayores problemas de control; éstos rara vez pueden ser identificados, excepto extrayéndolos del suelo, lo que hace su estudio biológico realmente difícil (35).

Según Gregory (35), el número de insectos del suelo y del follaje aumenta con el no laboreo. La primera de estas afirmaciones coincide con observaciones de Musick y Petty (60), quienes informan que con no laboreo el número de huevos de insectos del suelo se cuadruplicó, comparado con el sistema convencional. Sin embargo, Musick y Collins (59), demostraron que la sobrevivencia de los huevos era menor en el sistema de no laboreo.

Según Shenk, Saunders y Escobar (76), los insectos del suelo reducen más los rendimientos del maíz en suelos con labranza convencional, este resultado lo atribuyen a la posible interferencia de las coberturas con los estímulos visuales o químicos que los insectos deben percibir.

### 2.3 Cambios en la incidencia de malezas

El control de malezas es uno de los aspectos más caros de la producción vegetal (2). Además, en los trópicos el crecimiento de las malezas es más rápido y la tecnología menos desarrollada; por lo que el manejo de malezas domina otras consideraciones relacionadas con una producción rentable de cultivos básicos (2).

Conforme cambia el sistema de labranza lo hace la flora de malezas (21). En general, al disminuir la labranza, aumentan las especies perennes que suelen ser de más difícil control (21, 41). Doll y Piedrahíta citados por Almeida (4), recomiendan rotar los sistemas de cero labranza

y labranza convencional.

Se han seleccionado herbicidas como 2,4-D; dicamba; picloran; amitrol y dalapón, como productos de uso potencial para el manejo de la vegetación previo a la siembra en sistemas de cero labranza (2). Sin embargo, fueron los herbicidas tipo bipyridilos y el glifosato, los que hicieron posible la rápida adopción de la cero labranza (5, 87); pero el elevado precio del glifosato está limitando su uso en los trópicos (2), a pesar de su gran eficacia en el exterminio de malezas comparado con los bipyridilos (26). En todo caso, no existen dudas de que los herbicidas constituyen una necesidad básica para el control de malezas en sistemas extensivos de cero labranza (31).

Existen criterios divergentes respecto a cuál sistema de labranza provoca mayores problemas de malezas; Oschwald et al (64) reportan mayores problemas de malezas en campos de maíz no laboreados, a pesar de las mayores tasas de crecimiento que suele exhibir el cultivo bajo ese sistema (57). Pollard y Cussans (70) en una investigación con cereales de zonas templadas, encontraron mayores poblaciones de malezas en parcelas con cero labranza. Por el contrario, Lal (45) encontró una mayor población de malezas en parcelas aradas, a pesar de que recibieron un control con herbicidas preemergentes.

Shenk, Saunders y Escobar (76) encontraron una correlación positiva entre la cobertura del suelo y el complejo de malezas existente; fue más eficiente el combate de malezas con cero labranza. Además, en lugares donde predominaban gramíneas, aplicaron paraquat con pantalla protectora para prevenir daño al maíz y esto les permitió reducciones en la población de un 70 % al comparar la misma práctica pero con cero labranza y labranza convencional.

Wilson (88), comparó labranza convencional y mínima en relación con el número de individuos de Avena fatua L., en cebada de primavera. Concluyó que la incidencia de dicha maleza aumenta al disminuir la labranza; pero que con un control químico adecuado de la misma, era de esperar una caída de la población en menos años con mínima labranza.

Un serio problema que se presenta al dejar residuos vegetales sobre el suelo, es la interceptación por éstos de los herbicidas que se aplican como preemergentes (2). Erbach y Lovely (29), estudiaron el efecto de la cantidad de residuos superficiales sobre la eficiencia de los herbicidas atrazina y alaclor en el control de malezas. Los resultados de invernadero indicaron que el rastrojo obliga a mayores dosis y requiere de más agua de lluvia, para lograr la misma eficiencia herbicida de suelos al descubierto.

En los últimos años, se han descubierto nuevos herbicidas selectivos, sistémicos y antigramíneos que serán de gran valor para el desarrollo de sistemas de mínimo laboreo (85). En todo caso, las malezas son componentes constantes del agroecosistema (6) por lo que no es factible eliminarlas totalmente aunque sí manejarlas de acuerdo a las necesidades humanas.

#### 2.4 Requerimientos económicos y energéticos

Maldonado (52), concluyó después de tres ciclos consecutivos del sistema maíz-frijol, que los manejos con cero labranza fueron más rentables, menos sensibles y más eficientes económica y energéticamente que la labranza convencional.

En lo económico, el no laboreo es más eficiente debido a que demanda menores costos de producción (76). Otro aspecto importante es la economía que se obtiene en tiempo. Esto último, ha permitido la rápida adopción

de técnicas de labranza reducida por productores de arroz en el Japón, lo que les permite percibir otros ingresos como empleados de la industria (14).

La agricultura es única en el sentido de que produce más energía de la que consume (90) y supera ampliamente a otras actividades económicas como el comercio, el transporte y la industria (11). Según Lane et al citados por Wittmuss (90), esa característica de la agricultura puede ser aumentada con prácticas de mínimo laboreo. En maíz y sorgo han observado demandas energéticas hasta un 83 % menores comparadas con sistemas convencionales.

Existe especial interés en los trópicos por desarrollar sistemas de mínimo laboreo, pues, como afirma Zaffaroni (91), la preparación de suelos en áreas tropicales es una de las prácticas que más energía, tiempo y dinero consumen en el proceso productivo.

Según Shenk y Locatelli (75) resulta irónico que, mientras en países de alta tecnología agrícola se vienen adoptando sistemas de mínimo laboreo; en muchos países de escasa tecnología, donde la mínima labranza se ha practicado por siglos, a menudo se están adoptando tecnologías altamente mecanizadas.

## 2.5 Cambios en el rendimiento de los cultivos

Juo y Lal (42), en un estudio comparativo de seis años consecutivos de siembra de maíz en un alfisol, reportan rendimientos superiores con cero labranza.

Mabbayad y Buencosa (50) evaluaron mínimo laboreo y labranza convencional en arroz de transplante y obtuvieron rendimientos similares; por su parte, Olofintoye y Mabbayad (63), investigaron en sistemas de

labranza con arroz de secano, en cuyo caso la labranza convencional produjo el mayor rendimiento de grano. Otra prueba similar a la anterior, pero conducida en un suelo arenoso y de baja fertilidad, no arrojó diferencias entre labranza mínima y convencional; pero esta última superó estadísticamente a la cero labranza (65).

En Pakistán se evaluó al paraquat como un posible sustituto de la labranza en arroz cultivado en suelos franco arenosos. En las parcelas de cero labranza, donde se controló la fuerte reinfestación de malezas, se obtuvo igual rendimiento de grano que con el método de labranza normal (54).

Chatterjee y Safiuddin (22), probaron varios tipos de labranza con el sistema rotacional arroz-trigo que se practica en la India. Encontraron que la variable más afectada al disminuir la labranza fue el número de espigas.

## 2.6 Maquinaria involucrada en los sistemas de labranza

La tecnología en maquinaria, constituye una de las mayores limitaciones en la difusión de estos sistemas, sobre todo en lo que respecta a maquinaria de siembra adecuada para operar en presencia de rastrojos y a equipos de aplicación de herbicidas que no requieran grandes volúmenes de agua, ni causen excesiva compactación (18, 87).

En la larga historia de la agricultura, la labranza pesada es en realidad una práctica reciente; sin embargo, sin el arado y la rastra no hubiese sido posible controlar malezas y obtener retornos económicos favorables. Con el advenimiento de los herbicidas a partir de 1940, la labranza pesada ha dado paso a sistemas de mínima labranza y cero labranza (69).

Para áreas extensivas tropicales será necesario desarrollar equipo, o adaptar el ya existente en las zonas templadas (85).

## 2.7 Algunos trabajos de labranza conducidos con arroz

Abundante investigación se ha generado en sistemas de mínima labranza y no laboreo en las zonas templadas, no así en los trópicos y menos aún en el cultivo de arroz bajo la modalidad de secano (63). Sin embargo, con el acúmulo de investigación en las zonas templadas, las posibilidades de investigación en los trópicos han aumentado (24).

Seth et al citados por De Datta (24), demostraron en varias regiones de Asia, que la labranza extensiva en arroz podía no ser necesaria, si se controlan eficientemente las malezas con herbicidas de presiembra.

Vargas (84) reporta que en arroz de secano, el crecimiento de malezas decreció conforme aumentó el número de pasadas de arado rotativo. Por otra parte, según Moody y De Datta (55), la cero y mínima labranza en arroz, están limitadas a zonas donde no existan malezas perennes.

Kim et al (44), informan que conforme aumenta la profundidad del laboreo, se reduce el número total de malezas. Estos resultados coinciden con los de Sarkar y Moody (74), quienes al trabajar con arroz de transplante encontraron una disminución en el número de malezas en los tratamientos con el mayor número de pasadas de rastra antes de la siembra.

Curfs (20) encontró un mayor crecimiento de malezas con cero labranza en comparación con labranza convencional. Similares resultados reportó Cheong, citado por Sarkar y Moody (74), quien obtuvo el mayor peso de malezas con el sistema de cero labranza.

Chiu y Lin (23) reportan menores ganancias con cero labranza en arroz bajo aniego.

El concepto moderno de mínimo laboreo data de 1950, con la introducción de dalapón para eliminar la vegetación previo a la siembra; desafortunadamente, la efectividad de estos primeros herbicidas variaba mucho con la flora de malezas, además dejaban residuos tóxicos en el suelo (24). González (34) evaluó varios herbicidas no selectivos para el control de malezas antes de la siembra del arroz y obtuvo un buen control con la mezcla dalapón-oxifluorfen; pero sugiere que la residualidad del dalapón pudo afectar la germinación del arroz posteriormente.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización, suelos y clima

El trabajo se realizó en una finca privada conocida como "Telpanek"; localizada en el distrito de Guadalupe, cantón de Liberia, provincia de Guanacaste; a 85°28' longitud oeste y 10°39' latitud norte. La altura promedio del lugar es de 105 msnm.

El área experimental se encuentra en la zona de vida conocida como bosque seco premontano, de la región tropical (38). Predominan dos tipos de suelos clasificados como Ustic Dystropept y Lithic Dystropept (67). Las características físicas y químicas del lote usado para el trabajo se muestran en el Cuadro 1.

Los datos del clima fueron registrados por la Estación Meteorológica Llano Grande (Cuadro 2), situada 12 km al oeste de la ciudad de Liberia.

#### 3.2 Antecedentes del terreno experimental

El terreno ha sido sembrado con arroz de secano durante los últimos 10 años, con un promedio de cuatro pasadas de rastra anuales para la preparación del suelo. De enero a abril de cada año, se introducen bovinos para aprovechar el rastrojo del arroz.

Antes de dar inicio al trabajo, se hizo una estimación visual de las malezas presentes en el lote experimental. Aparecieron en orden decreciente de abundancia: Rottboellia exaltata, Anthehora hermafrodita, Cenchrus echinatus, Euphorbia hirta, Sida rhombifolia, Waltheria americana, Euphorbia heterophylla, Heliotropium indicum, Eleusine indica, Echinochloa colonum, Digitaria spp. y Crotalaria pallida.

Cuadro 1. \*Características físicas y químicas del suelo  
en el lote experimental.

Característica	Repeticiones			
	I	II	III	IV
pH	5,7	5,9	6,0	6,1
M.O. (%)	3	4	4	3
P (ug/ml)	3,5	3,0	6,0	3,5
K (meq/100 ml)	0,27	0,24	0,34	0,29
Ca (meq/100 ml)	3,5	3,7	4,3	4,4
Mg (meq/100 ml)	0,54	0,72	0,77	0,77
Al (meq/100 ml)	0,1	0,1	0,1	0,1
Na (ug/ml)	0,77	0,82	0,77	0,77
S (ug/ml)	47	46	51	44
Cu (ug/ml)	6,1	7,0	6,3	6,8
Zn (ug/ml)	2,7	2,4	3,0	3,0
Mn (ug/ml)	3,3	5,4	3,8	5,1
Fe (ug/ml)	81	79	79	88
Arena (%)	31	37	35	27
Limo (%)	48	42	46	50
Arcilla (%)	21	21	19	23

\*Muestras analizadas en el Laboratorio de Suelos del CATIE,  
Turrialba, Costa Rica, Junio de 1983.

Cuadro 2. Datos del clima registrados por la Estación Meteorológica Llano Grande durante 1983. Liberia, Guanacaste.

Mes	Temperatura		Hum. $\bar{X}$ (%)	Horas sol	Días con lluvia	Precip. (mm)	Evap. tanque A (mm)	Balance hídrico (mm)
	Min.	Med. Max.						
Enero	17,0	28,2 36,4	67	290,7	0	0	269,2	-269,2
Febrero	17,0	28,5 39,0	68	254,4	1	1,8	282,4	-280,6
Marzo	20,5	29,3 38,5	67	273,5	2	28,2	289,3	-261,1
Abril	18,8	30,0 39,5	65	256,4	0	0	258,9	-258,9
Mayo	19,6	30,3 38,5	66	225,2	6	41,1	270,4	-229,3
Junio	21,5	27,1 35,0	85	159,5	19	177,4	144,4	+ 33,0
Julio	19,0	27,5 34,0	78	206,9	10	114,1	168,0	- 53,9
Agosto	19,5	27,4 35,0	79	201,0	15	157,6	155,2	+ 2,4
Setiembre	19,0	26,2 34,0	87	160,1	20	461,1	145,7	+315,4
Octubre	19,0	24,8 33,0	88	171,1	22	385,5	152,4	+233,1
Noviembre	19,8	26,2 33,0	86	185,3	18	142,5	107,2	+ 35,3
Diciembre	18,5	26,1 34,4	76	255,5	3	7,7	150,2	-142,5
Enero (1984)	16,5	26,3 34,5	69	292,5	0	0	240,0	-240,0

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (comunicación personal)

### 3.3 Experimento 1: "Tres sistemas de labranza con arroz de secano"

Los tratamientos evaluados se describen en el Cuadro 3.

Se sembraron 90 kg/ha de arroz variedad CR-1113, con un 90 % de germinación el 2 de julio de 1983. Para los tratamientos de labranza convencional se usó una sembradora a chorro "John Deere", modelo 8250, con una distancia entre hileras de 18 cm. Para los tratamientos de mínima y cero labranza se usó una sembradora manual de voleo, marca Cyclone.

Se usó un diseño experimental de parcelas divididas, donde la parcela fue el tipo de labranza y las subparcelas, la aplicación o no aplicación de insecticidas. Se usaron cuatro repeticiones.

Cada parcela constó de 3 m de ancho por 10 m de largo. Se dejaron bordes de 1,25 m en los extremos y de 0,5 m en las laterales; además, se dejó una distancia de 3 m entre subparcelas; de modo que la parcela útil constó de  $9 \text{ m}^2$  y las subparcelas útiles de  $4,5 \text{ m}^2$  cada una. Los bordes se aprovecharon para medir las variables que requerían muestreo vegetal destructivo.

En el Cuadro 4 se detallan algunas características de los productos químicos utilizados.

Los productos se aplicaron con una aspersora de uso experimental accionada por  $\text{CO}_2$  comprimido, a una presión fija de  $2,1 \text{ kg/cm}^2$ . El equipo portaba un aguilón con cuatro boquillas "Tee Jet" 8002, separadas entre sí a 45 cm y se calibró para cubrir un ancho de franja de 1,5 m. Los productos se aplicaron en volúmen de 200 l/ha y la velocidad de aplicación fue de 1 m/seg.

Todos los tratamientos que aparecen en el Cuadro 3 se subdividieron en dos, la mitad con insecticida al suelo y al follaje (1 kg/ha de mefosfolán al suelo el día de la siembra y dos aplicaciones foliares de

Cuadro 3. Tratamientos de labranza con arroz de secano. Liberia, Guanacaste, 1983.

Tratamiento	Descripción
1. LC,P1	Labranza convencional, 4 pasadas de rastra (1 por semana); siembra mecanizada; propanil + 2,4-D (3 + 0,5)
2. LC,P2	igual a anterior + repaso con propanil (3,0)
3. LMG,P1	Labranza mínima, glifosato(1.5) 12 das. Siembra al voleo sobre follaje seco + 1 pasada de rastra. Propanil + 2,4-D (3 + 0,5)
4. LMG,P2	igual a anterior + repaso con propanil (3,0)
5. LMOD,P1	Labranza mínima, oxifluorfen + dalapón(0,5 + 3) 20 das. Voleo de la semilla + 1 pasada de rastra. Propanil + 2,4-D (3 + 0,5)
6. LMOD,P2	igual a anterior + repaso con propanil (3,0)
7. NLG,P1	Cero labranza, glifosato (1,5) 12 das. Siembra al voleo sobre follaje seco. Propanil + 2,4-D (3 + 0,5)
8. NLG,P2	igual a anterior + repaso con propanil (3,0)
9. NLOD,P1	Cero labranza, oxifluorfen + dalapón (0,5 + 3,0). Voleo de semilla sobre follaje seco. Propanil + 2,4-D (3 + 0,5)
10. NLOD,P2	igual a anterior + repaso con propanil (3,0)

das = días antes de la siembra dds = días después de la siembra

-Las dosis usadas aparecen entre paréntesis y están dadas en kilogramos de ingrediente activo por hectárea.

-La aplicación de propanil + 2,4-D se hizo 15 dds(malezas con 3 hojas)

-El repaso con propanil en los tratamientos previamente seleccionados para ello se hizo 25 dds (reinfestación severa de gramíneas)

-Se usó una rastra de discos lisos, tipo liviana, marca "Tatoo".

Cuadro 4. Descripción de los agroquímicos utilizados.

Nombre comercial	Nombre técnico	Formulación	DL50 oral (mg/kg)	Casa Productora
Cytrolane	Mefosfolan	G 2 %	8,9	Cyanamid
Decis	Decametrina	C.E. 2,5 %	135,0	Cyanamid
Dowpon M	Dalapón	P.S. 74 %	7570,0	Dow
Goal	Oxifluorfen	C.E. 240 g/l	5000,0	Rohm and Hass
Herbax	Propanil	C.E. 360 g/l	1384,0	Crystal
Roundup	Glifosato	S.A. 480 g/l	4320,0	Monsanto
U-46	2,4-D	C.E. 480 g/l	375,0	Diamond Shamrock Agrochemicals

deca-metrina a 0,5 kg/ha a los 20 y 40 dds). La otra mitad, sin ningún tratamiento insecticida.

El suelo mostraba escaso contenido de fósforo y buen nivel de potasio (Cuadro 1), por ello, se escogió la fórmula comercial 18,5-45-0. Se aplicaron a la siembra, 26 kg de N y 63 kg de  $P_2O_5$  por hectárea. A los 25 dds se aplicaron 140 kg/ha de  $(NH_4)_2SO_4$  y a los 50 dds, se abonó con 46 kg/ha de N, se usó como fuente en este caso, urea al 46 %.

Se midieron las siguientes variables:

- a) Recuento de malezas gramíneas y de hoja ancha contenidas en un marco metálico de  $0,25\ m^2$  que se lanzó al azar una vez por parcela útil, 14 dds.
- b) Estimación visual de cobertura por malezas a los 25, 40 y 60 dds.  
Escala usada: 1= 0-25 % de cobertura; 2= 26-50 % de cobertura; 3= 51-75 % de cobertura y 4= más del 75 % de cobertura.
- c) Peso fresco de malezas a los 40 y 60 dds (área muestreo=  $0,25\ m^2$ )

- d) Compactación superficial y a 15 cm de profundidad en cada uno de los tratamientos; medida en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  para lo que se usó un penetrómetro marca "Chatillon 719-40".
- e) Altura de plantas de arroz, estimada como la distancia desde el suelo a la hoja bandera de la macolla ubicada en el centro de un marco de  $0,25 \text{ m}^2$  colocado al azar una vez por parcela útil a los 90 dds.
- f) Peso fresco de plantas enteras, parte foliar y espigas de arroz a los 120 dds (área de muestreo=  $0,25 \text{ m}^2$ ).
- g) Relación espiga/follaje a los 120 dds
- h) Peso de 1000 granos de arroz de cada parcela útil a los 120 dds.
- i) Incidencia de Piricularia oryzae a los 60 dds. Escala: 0= ningún daño visible; 1= 5-15 % del follaje con síntomas; 2= 16-25 % del follaje con síntomas; 3= 26-35 % del follaje con síntomas; 4= 36-50 % del follaje con síntomas y 5= más del 50 % del follaje con síntomas.
- j) Recuento e identificación de plagas del suelo y el follaje (del suelo: a los 15 y 30 dds; del follaje: a los 30, 60 y 90 dds).
- k) Rendimiento de grano, medido en  $\text{kg}/\text{parcela}$  útil y  $\text{kg}/\text{subparcela}$  útil a los 120 dds.

#### 3.4 Experimento 2: "Diferentes manejos del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero"

El 18 de noviembre de 1983 se sembró el híbrido "Sudax SX-17" con un 85 % de germinación y un ciclo vegetativo cercano a los 50 días.

Se sembró a mano y a 12  $\text{kg}/\text{ha}$  de semilla, para una población potencial de 850.000 plantas/ha. En los tratamientos con labranza convencional se abrieron surcos a 36 cm entre hileras; en los de mínima y cero labranza, se voleo a mano la semilla.

Los tratamientos (Cuadro 5), se distribuyeron en un diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela constó de 3 m de ancho por 10 m de largo. Se dejaron bordes en los extremos de 2 m y en las laterales de 0,5 m para una parcela útil de 12 m<sup>2</sup>.

Los tratamientos de labranza convencional se sembraron sobre parcelas provenientes de labranza convencional del experimento 1; los tratamientos con mínima labranza, se sembraron sobre parcelas provenientes de mínima labranza del experimento 1 y los tratamientos con cero labranza, se sembraron sobre parcelas provenientes de mínima labranza del experimento 1.

No se fertilizó ni se brindó protección al cultivo contra plagas, malezas o enfermedades.

Se evaluaron las siguientes variables:

- a) Recuento, peso fresco y altura promedio de plantas de sorgo contenidas en un marco de 0,25 m<sup>2</sup> colocado al azar una vez por parcela útil a los 25 y 50 dds.
- b) Compactación del suelo en la superficie y a 15 cm de profundidad medida en kg/cm<sup>2</sup> para lo que se usó un penetrómetro marca "Chatillon 719-40".
- c) Recuento y peso fresco de malezas contenidas en 0,25 m<sup>2</sup> a los 25 y 50 dds.
- d) Contenido de N foliar a los 50 dds.
- e) Contenido de humedad en el suelo a los 45 dds.

Cuadro 5. Diferentes manejos del rastrojo de arroz evaluados con un sorgo forrajero en rotación.

Tratamiento	Descripción
1. LCCR	Labranza convencional; incorporación del rastrojo de arroz con tres pasadas de rastra y siembra manual del sorgo a 36 cm. entre hileras
2. LCER	Labranza convencional; eliminación del rastrojo con corte mecánico a ras del suelo, 3 pasadas de rastra y siembra manual a 36 cm. entre hileras.
3. LMCR	Labranza mínima; siembra al voleo sobre el rastrojo e incorporación de la semilla con una pasada de rastra.
4. LMER	Labranza mínima; eliminación del rastrojo con corte a ras del suelo; voleo de la semilla y una pasada de rastra para incorporarla.
5. CLSR	Cero labranza; voleo de la semilla sobre el rastrojo
6. CLCR	Cero labranza; voleo de la semilla sobre el rastrojo y corte mecánico del rastrojo para cubrir la semilla

Se usó una rastra de discos lisos, tipo liviana y marca "Tatoo" en los tratamientos que requirieron laboreo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Experimento 1: "Tres sistemas de labranza con arroz de secano"

#### 4.1.1 Germinación del cultivo

En los cuatro tratamientos que se plantaron de cero labranza, no hubo germinación del cultivo; por ello se procedió a resembrar con semilla pregerminada (48 horas en agua y un día a la sombra para su secado), pero tampoco hubo germinación. Así, esos tratamientos se declararon perdidos, razón por la que no aparecen en la mayoría de los cuadros de resultados que se presentan.

En los restantes tratamientos, la semilla germinó y se evaluaron hasta la cosecha. Sin embargo, fue aparente una menor población en los tratamientos con mínima labranza en los que se aplicó dalapón + oxifluorfen para eliminar la vegetación antes de la siembra.

#### 4.1.2 Incidencia de plagas

El ataque de plagas del suelo y del follaje fue mínimo, lo que no permitió establecer diferencias entre tratamientos. Por esta razón sólo se incluyen las gráficas de tendencias de la incidencia promedio ocurrida en todos los tratamientos (Figura 1). Estas plagas fueron Spodoptera frugiperda, Chaetocnema sp y Sogatodes spp.

No hubo diferencias en el rendimiento de grano entre subparcelas en que se aplicaron insecticidas y subparcelas sin protección por insecticidas (Cuadro 14).

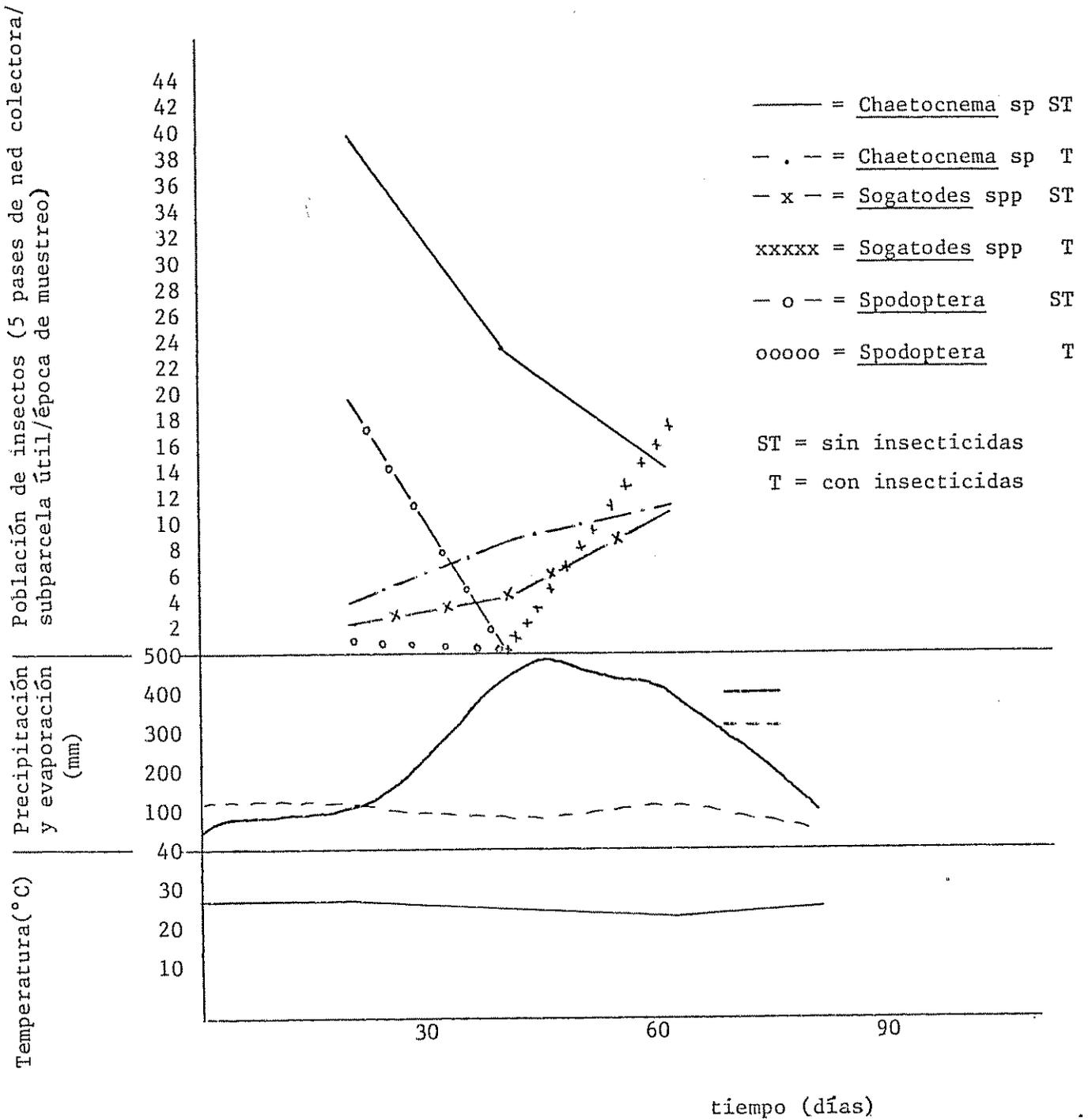


Figura 1. Promedio poblacional de Spodoptera frugiperda, Chaetocnema sp y Sogatodes spp.

#### 4.1.3 Incidencia de malas hierbas

Catorce días después de la siembra, la población de malezas gramíneas con marcado predominio de Rottboellia exaltata, Anthehora hermafrodita y Cenchrus echinatus; fue similar en todos los tratamientos (Cuadro 6). La incidencia de especies de hoja ancha para esa fecha, fue mayor en los tratamientos de mínima labranza.

Cuadro 6. Recuento de malezas gramíneas y de hoja ancha a los 14 dds.

Tratamiento	Medias ( $\bar{X}$ de 4 repeticiones)	
	Gramíneas	Hoja ancha
LC,P1	28,50 a	44,00 a
LC,P2	37,25 a	44,25 a
LMG,P1	22,25 a	104,75 b
LMG,P2	35,25 a	94,00 b
LMOD,P1	26,50 a	67,75 ab
LMOD,P2	34,50 a	78,50 ab

Medias con igual letra en sentido vertical, no difieren significativamente según la Prueba de Duncan al 5 %.

Después de la aplicación de propanil + 2,4-D, se presentó una reinfestación significativa por las mismas malezas gramíneas mencionadas con anterioridad. Por el resto del ciclo del cultivo, se mantuvo baja la incidencia de especies de hoja ancha. Por lo tanto, los datos de cobertura por malezas que se discuten a continuación, se refieren básicamente a malezas gramíneas.

LC,P2 tuvo la menor cobertura por malezas a los 25, 40 y 60 dds, mientras que LMOD,P1 presentó la mayor cobertura por malezas a los 25 dds y LMG,P1 la mayor cobertura a los 40 dds (Cuadro 7). El promedio de las tres épocas de evaluación muestra a LC,P2 como el tratamiento con la menor cobertura por malezas durante todo el ciclo. Sin embargo, a los 60 dds la cobertura por malezas fue similar en todos los tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de cobertura por malezas a los 25, 40 y 60 dds

Tratamiento	Medias			$\bar{X}$ de tres observaciones
	25 dds	40 dds	60 dds	
LC,P1	1,00 a	2,25 ab	3,50 a	2,25 ab
LC,P2	1,00 a	1,00 a	2,00 a	1,33 a
LMG,P1	2,00 ab	3,00 ab	3,75 a	2,92 b
LMG,P2	2,00 ab	1,50 ab	2,50 a	2,00 ab
LMOD,P1	2,75 b	2,75 ab	3,50 a	3,00 b
LMOD,P2	1,75 ab	2,25 ab	3,50 a	2,50 b

Medias con igual letra en sentido vertical, no difieren según análisis no paramétrico por la metodología de Kruskal-Wallis al 5 %.

A los 40 dds; LC,P2 y LMG,P2 tenían el menor peso fresco de malezas (Cuadro 8). LC,P1 y LMOD,P2 no difirieron de los anteriores en esa variable, pero tampoco difirieron de LMOD,P1 y LMG,P1 que presentaron el mayor peso fresco de malezas.

A los 60 dds, LMG,P1 mostró el mayor peso fresco de malezas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Peso fresco de malezas contenidas en  $0,25 \text{ m}^2$   
a los 40 y 60 dds (gramos).

Tratamiento	Medias	
	40 dds	60 dds
LC,P1	72,50 ab A	241,50 a B
LC,P2	52,88 a A	179,25 a B
LMG,P1	122,00 b A	516,00 bB
LMG,P2	48,00 a A	184,50 a B
LMOD,P1	120,75 b A	355,13 abB
LMOD,P2	56,25 ab A	293,00 a B

Medias con igual letra minúscula para las columnas e igual letra mayúscula para las hileras, no difieren según la Prueba de Duncan al 5 %.

Ningún tratamiento mantuvo un peso fresco de malezas similar como se observa al comparar las dos épocas de muestreo (Cuadro 8).

Los tratamientos de mínima labranza en los que se aplicó dalapón + oxifluorfen antes de la siembra mostraron una menor incidencia de especies de hoja ancha que los tratamientos de mínima labranza en que se aplicó glifosato antes de la siembra (Cuadro 6).

Los tratamientos con dos aplicaciones de propanil exhibieron menor presencia de malezas que los tratamientos con una sola aplicación de propanil (Cuadros 6, 7 y 8); aunque la diferencia tendió a disminuir con el tiempo (Cuadro 7).

## 4.1.4 Variables tomadas al suelo

Los tratamientos de cero labranza, superaron a los de mínima labranza y laboreo convencional, en los valores de compactación medidos en la superficie (Cuadro 9). A 15 cm de profundidad no hubo diferencias entre tratamientos a ese respecto.

Cuadro 9. Compactación superficial y a 15 cm de profundidad, medida en  $\text{kg/cm}^2$  a los 30 dds (valores promedio de tres medidas por parcela útil).

Tratamiento	Compactación superficial	Compactación a 15 cm de profundidad
LC,P1	3,32 b	24,63 a
LC,P2	1,58 b	26,21 a
LMG,P1	6,27 b	22,44 a
LMG,P2	7,19 b	25,50 a
LMOD,P1	4,79 b	30,45 a
LMOD,P2	7,24 b	29,58 a
NLG,P1	20,50 a	31,36 a
NLG,P2	20,04 a	18,82 a
NLOD,P1	19,97 a	24,48 a
NLOD,P2	25,09 a	29,22 a

Medias con igual letra en sentido vertical no difieren según la prueba de Duncan al 5 %.

#### 4.1.5 Incidencia de Piricularia oryzae

Sesenta días después de la siembra ocurrió un ataque de Piricularia oryzae estadísticamente similar en todos los tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Incidencia de Piricularia oryzae a los 60 dds.

Tratamiento	Medias
LC,P1	2,25 a
LC,P2	1,75 a
LMG,P1	2,50 a
LMG,P2	2,00 a
LMOD,P1	3,50 a
LMOD,P2	2,75 a

Medias con igual letra no difieren según análisis no paramétrico, por la metodología de Kruskal-Wallis al 5 %.

#### 4.1.6 Variables tomadas al cultivo

Los tratamientos con dos aspersiones de propanil tuvieron mayor peso de plantas, peso de espigas y altura de plantas que los tratamientos con una aspersión de propanil (Cuadro 11).

LC,P2 y LMG,P2 superaron estadísticamente a LMG,P1 y LMOD,P1 en la altura de plantas, peso de espigas y peso de plantas. LC,P1 y LMOD,P2 ocuparon una posición intermedia en esas mediciones, no difiriendo de los tratamientos con los mayores valores ni de los tratamientos con los

menores valores (Cuadro 11).

Cuadro 11. Peso fresco de plantas y espigas de arroz (120 dds)  
y altura promedio de plantas (90 dds).

Tratamiento	Peso de espigas (g)	Peso de plantas (g)	Altura de plantas (cm)
LC,P1	44,00 abc	488,25 ab	42,75 ab
LC,P2	62,00 a	674,25 a	46,00 a
LMG,P1	18,75 c	288,75 b	37,00 b
LMG,P2	61,50 a	598,75 a	45,25 a
LMOD,P1	24,13 bc	306,25 b	37,25 b
LMOD,P2	50,25 ab	495,75 ab	42,75 ab

Medias con igual letra en sentido vertical, no difieren según la prueba de Duncan al 5 %.

No hubo diferencias entre tratamientos para la variable "relación espiga/follaje", aunque se produjo una tendencia al aumento cuando se hicieron dos aplicaciones de propanil, comparado con aquellos tratamientos con sólo una aplicación de ese herbicida (Cuadro 12).

El peso de granos individuales mostró diferencias entre tratamientos y fue superior con labranza convencional y con aquel tratamiento de mínima labranza que incluyó glifosato antes de la siembra y dos aplicaciones de propanil (Cuadro 13).

El mayor rendimiento de grano se obtuvo con labranza convencional y dos aplicaciones de propanil (Cuadro 14). Los tratamientos de labranza mínima con sólo una aplicación postemergente de propanil, produjeron los menores rendimientos de grano.

Cuadro 12. Relación espiga/follaje entre plantas de arroz contenidas en 0,25 m<sup>2</sup> a los 120 dds (g).

Tratamiento	Medias
LC,P1	0,089 a
LC,P2	0,096 a
LMG,P1	0,069 a
LMG,P2	0,107 a
LMOD,P1	0,089 a
LMOD,P2	0,113 a

Medias con igual letra, no difieren según la prueba de Duncan al 5 %.

Cuadro 13. Peso de 1000 granos de arroz tomados al azar de cada parcela útil a los 120 dds (g).

Tratamiento	Medias
LC,P1	15,63 a
LC,P2	16,70 a
LMG,P1	14,10 bc
LMG,P2	15,45 ab
LMOD,P1	12,28 c
LMOD,P2	13,90 bc

Medias con igual letra, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

Cuadro 14. Rendimiento de grano en las parcelas y subparcelas útiles de los distintos tratamientos, a los 120 dds (g) grano al 14 % de humedad.

Tratamiento	Subparcela no-tratada	Subparcela tratada	Parcela
LC,P1	609,35 A	660,65 A	1270,02 bc
LC,P2	983,78 A	1199,18 A	2182,96 a
LMG,P1	218,97 A	284,27 A	503,25 c
LMG,P2	810,77 A	827,87 A	1638,65 ab
LMOD,P1	303,33 A	255,45 A	558,78 c
LMOD,P2	453,65 A	482,27 A	935,92 bc

Medias con igual letra mayúscula en sentido horizontal e igual letra minúscula en sentido vertical no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

Se detectó una correlación negativa significativa entre el porcentaje de cobertura por malezas a los 40 y 60 dds y el rendimiento de grano, lo mismo entre las variables peso de espigas y peso de plantas de arroz. No hubo significancia entre los mismos parámetros, cuando el porcentaje de cobertura por malezas se estimó a los 25 dds (Cuadro 15).

El peso fresco de malezas a los 40 y 60 dds, también correlacionó negativa y significativamente con el rendimiento de grano, peso de espigas y peso de plantas (Cuadro 15).

El peso de plantas, de espigas y de granos individuales fueron importantes componentes del rendimiento ya que correlacionaron positiva y significativamente con éste (Cuadro 15).

Cuadro 15. Coeficientes de correlación (r) entre algunas de las variables evaluadas.

	Rendimiento	Peso espigas	Peso plantas	Peso de 1000 granos
25 dds	-0,13 ns	-0,57 ns	-0,66 ns	-0,87 *
% cubrimiento por malezas				
40 dds	-0,98 ***	-0,97 ***	-0,97 ***	-0,80 ns
60 dds	-0,93 **	-0,87 *	-0,87 *	-0,72 ns
Peso fresco de malezas				
40 dds	-0,82 *	-0,98 ***	-0,94 **	-0,71 ns
60 dds	-0,86 *	-0,92 *	-0,91 *	-0,64 ns
Peso de espigas de arroz	0,90 *			
Peso de plantas de arroz	0,96 **			
Peso de 1000 granos de arroz	0,89 *			

\*significativo al 5 %  
 \*\*significativo al 1 %  
 \*\*\*significativo al 0,1 %  
 ns no significativo

#### 4.1.7 Balance económico

El tratamiento de labranza convencional, con dos aplicaciones de propanil (LC,P2) mostró un margen bruto superior en \$4781,77, a aquel del tratamiento de mínima labranza (glifosato antes de la siembra y 2 aspersiones postemergentes de propanil) (Cuadro 16).

El ingreso neto se obtendría de restar al Margen Bruto, los costos fijos; sin embargo, dichos costos fueron similares entre tratamientos, por lo que el Margen Bruto resulta suficiente para detectar el tratamiento más rentable; que en este caso, fue LC,P2.

En los tratamientos con dos aplicaciones de propanil, el aumento en producción respecto a sus homólogos pero con una sola aplicación de propanil, justifica, en lo económico, esa segunda aplicación.

#### 4.1.8 Balance energético

LC,P2, superó por un amplio margen a LMG,P2 en la producción de kilocalorías por hectárea (Cuadro 17). Ambos tratamientos presentaron un balance positivo de producción versus consumo de kilocalorías.

#### 4.2 Experimento 2: "Manejo del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación"

El tratamiento 5 (cero labranza) no germinó en ninguna de las repeticiones por lo que se excluye del análisis.

##### 4.2.1 Variables agronómicas

A los 25 y 50 dds los tratamientos de labranza convencional mostraron el mayor número de plantas de sorgo (Cuadro 18). La cero

Cuadro 16. Costos variables, ingresos totales y márgenes brutos de ganancia, para los dos tratamientos que mostraron la mayor producción de grano.

Tratamiento	Insumos consumidos por hectárea	€/kg de insumo	Ingreso total (IT)* (€)	Costo variable (CV) (€)	Margen bruto (IT-CV) (€)
LC, P2	4 pasadas de rastra	-		3500	
	Siembra	-		1500	
	140 kg fertilizante fórmula 18,5-45-0	14		1960	
	140 kg sulfato de amonio	13	24716,35	1820	7919,58
	100 kg de urea	9,80		980	
	6 kg de propanil	520		3120	
	0,5 kg de 2,4-D	1042		521	
	Recolección	1,40		3395,77	
LMG, P2	1,5 kg de glifosato	1979,17		2968,75	
	siembra y una pasada de rastra	-		1500	
	140 kg de abono fórmula 18,5-45-0	14		1960	
	140 kg de sulfato de amonio	13	18557,11	1820	3137,81
	100 kg de urea	9,80		980	
	6 kg de propanil	520		3120	
	0,5 kg de 2,4-D	1042		521	
	Recolección	1,40		2548,55	

\*IT= producción de grano (kg) por precio del mercado (se asumió €10,19/kg producido)

Cuadro 17. Balance energético entre los tratamientos que presentaron mayor producción de grano (en Kcal/ha)

Tratamiento	Insumos (kg/ha)	'Kcal/kg de insumo'	Kcal/ha
LC,P2	100 semilla	3570	357000
	63 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3234	203742
	104 N	18480	1921920
	6 propanil	50820	304920
	0,5 2,4-D	20097	10048,5
	*64 diesel	*11400	729600
	Total de entradas	.....	3527230,5
	2425,55 grano comercial	3570	8659213,5
	Balance (salidas - entradas)		5131983,0
	LMG,P2	100 semilla	3570
63 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		3234	203742
104 N		18480	1921920
6 propanil		50820	304920
0,5 2,4-D		20097	10048,5
*36 diesel		*11400	410400
Total de entradas		.....	3208030,5
1821,11 grano comercial		3570	6501362,7
Balance (salidas - entradas)			3293332,2

'según: Fluck y Baird e Institute of Nutrition of Central America and Panamá

\*valores en litros

Nota: se excluyó del balance el gasto energético en mano de obra ya que tanto los valores que aportan como las diferencias entre tratamientos son mínimos.

Cuadro 18. Recuento de plantas de sorgo contenidas en  
0,25 m<sup>2</sup> a los 25 y 50 dds.

Tratamiento	Medias	
	25 dds	50 dds
LCCR	18,25 a B	19,00 ab A
LCER	15,75 a B	22,50 a A
LMCR	14,25 ab A	13,50 bc B
LMER	11,50 ab B	13,50 bc A
CLSR	eliminado	eliminado
CLCR	7,75 b B	11,25 c A

Medias con igual letra minúscula en sentido vertical e igual letra mayúscula en sentido horizontal, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

labranza presentó el menor número de plantas de sorgo y los tratamientos de mínima labranza mostraron valores intermedios.

LCCR y LMER presentaron el mayor peso fresco de plantas de sorgo a los 25 dds (Cuadro 19). LCER y CLCR presentaron una disminución significativa en esa variable. A los 50 dds, el mayor peso fresco de plantas fue para LMER y el menor, para CLSR (Cuadro 19). Al comparar épocas de muestreo, todos los tratamientos a los 50 dds superaron estadísticamente a los tratamientos evaluados 25 dds; lo que indica que el sorgo siguió creciendo a pesar de la escasez hídrica presente para esta época.

Cuadro 19. Peso fresco de plantas de sorgo contenidas en  $0,25 \text{ m}^2$  a los 25 y 50 dds (g)

Tratamiento	Medias	
	25 dds	50 dds
LCCR	97,85 a B	316,58 ab A
LCER	50,10 b B	289,75 ab A
LMCR	77,98 ab B	265,08 b A
LMER	100,95 a B	433,15 a A
CLSR	eliminado	eliminado
CLCR	39,48 b B	322,20 ab A

Medias con igual letra minúscula en sentido vertical e igual letra mayúscula en sentido horizontal, no difieren según la prueba de Duncan al 5 %.

Todos los tratamientos presentaron una altura de plantas similar a los 25 dds; sin embargo, a los 50 dds, LMER presentó la mayor altura y LCER la menor. Este último mostró síntomas severos de deficiencia hídrica para esta época (Cuadro 20).

El porcentaje de nitrógeno foliar a los 50 dds (Cuadro 21), fue similar en todos los tratamientos.

#### 4.2.2 Variables tomadas al suelo

LMCR y CLCR presentaron la mayor compactación superficial (Cuadro 22), seguidos por LCCR, mientras que los tratamientos de labranza convencional y mínima en los que se eliminó el rastrojo previo a la siembra, observaron la menor compactación superficial. A 15 cm de

Cuadro 20. Altura promedio de plantas de sorgo contenidas en  $0,25 \text{ m}^2$  a los 25 y 50 dds

Tratamiento	Medias	
	25 dds	50 dds
LCCR	19,13 a	55,80 ab
LCER	18,63 a	41,00 b
LMCR	24,63 a	48,40 ab
LMER	24,88 a	66,23 a
CLSR	eliminado	eliminado
CLCR	21,63 a	53,23 ab

Medias con igual letra en sentido vertical, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

Cuadro 21. Porcentaje de nitrógeno foliar en los distintos tratamientos, a los 50 dds.

Tratamiento	% N
LCCR	1,63 a
LCER	1,79 a
LMCR	1,77 a
LMER	1,71 a
CLSR	eliminado
CLCR	1,84 a

Medias con igual letra en sentido vertical, no difieren estadísticamente según prueba de Duncan al 5 %.

Cuadro 22. Porcentaje de humedad en el suelo a los 45 dds; resistencia del suelo a la penetración superficial y a 15 cm de profundidad, en los distintos tratamientos, medida en  $\text{kg/cm}^2$  a los 30 dds ( $\bar{X}$  de 3 submuestras).

Tratamiento	% hidrogravimétrico	Compactación	
		Superficial	a 15 cm prof.
LCCR	15,17 a	11,02 ab	57,73 a
LCER	16,02 a	4,84 b	47,48 a
LMCR	15,43 a	24,22 a	51,36 a
LMER	17,22 a	1,38 b	52,38 a
CLSR	eliminado	eliminado	eliminado
CLCR	17,19 a	26,32 a	52,32 a

Medias con igual letra en sentido vertical no difieren estadísticamente según prueba de Duncan al 5 %.

profundidad, no hubo diferencias en compactación entre los tratamientos; sin embargo, al igual que en el experimento 1, estos valores superaron a los tomados superficialmente.

Todos los tratamientos, presentaron una humedad en el suelo, similar, a los 45 dds; con una ligera superioridad en LMER, diferencia que en etapas más tempranas pudo ser mayor; ya que este tratamiento no mostró síntomas visuales de deficiencia hídrica a lo largo del período de evaluación.

### 4.2.3 Incidencia de malezas

No hubo diferencias entre tratamientos en número y peso fresco de malezas a los 15 y 50 dds, aunque fue notoria una tendencia al aumento en los valores de esas variables, cuando disminuyó la labranza (Cuadro 23). Sólo germinaron individuos de Rottboellia exaltata y Antherophora hermafrodita, pero su desarrollo fue pobre comparado con el sorgo forrajero (Cuadros 19 y 23).

Al comparar épocas de muestreo para la variable "peso fresco de malezas" se nota el escaso desarrollo que mostraron las malezas antes mencionadas (Cuadro 23).

Cuadro 23. Recuento y peso fresco de malezas contenidas en  $0,25 \text{ m}^2$  a los 25 y 50 dds.

Tratamiento	Recuentos		Peso fresco	
	25 dds	50 dds	25 dds	50 dds
LCCR	11,25 a	18,75 a	14,00 a B	77,50 a A
LCER	13,25 a	7,25 a	25,85 a A	31,10 a A
LMCR	14,00 a	6,00 a	18,90 a A	31,45 a A
LMER	26,50 a	24,25 a	50,93 a A	86,25 a A
CLSR	eliminado	eliminado	eliminado	eliminado
CLCR	25,25 a	16,50 a	53,40 a A	59,30 a A

Medias con igual letra minúscula en sentido vertical e igual letra mayúscula en sentido horizontal, no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

## 5. DISCUSION

### 5.1 Experimento 1: "Tres sistemas de labranza con arroz de secano"

#### 5.1.1 Germinación del cultivo

La no germinación de los cuatro tratamientos de cero labranza, coincide con reportes de varios autores (58, 78). Moomaw et al (58) mencionan, que uno de los problemas observados al reducir la labranza, es la dificultad de lograr buen contacto entre semilla y suelo; lo que ha obligado a una pasada de rastra, para incorporar la materia orgánica residual. Lo anterior, unido al buen drenaje del suelo en el lugar del experimento, pudieron ser importantes causas por las que no germinó la semilla de arroz, bajo ese sistema de labranza.

En la actualidad, varios autores (2, 85, 86) reconocen como cero labranza a aquel sistema en que sólo se altera el suelo para introducir la semilla. Maquinaria adaptada para sembrar a través de una cubierta vegetal deberá evaluarse en el futuro.

La menor germinación observada en los tratamientos con una aplicación de dalapón + oxifluorfen; también fue apuntada por González (34) y pudo disminuir la producción de grano en esos tratamientos.

#### 5.1.2 Incidencia de plagas

Aunque no hubo diferencias entre subparcelas con insecticidas y sin insecticidas en rendimiento de grano, se observaron algunas tendencias con las plagas ocurridas. Chaetocnema y Spodoptera tendieron a declinar a partir de la mitad del ciclo vegetativo del cultivo, aún en las subparcelas sin ninguna aplicación de insecticidas y bajo los dos sistemas de labranza evaluados para ese entonces. Esto

sugiere, que bajo las condiciones de este estudio no se justifica la aplicación de insecticidas. Este aspecto merece mayor atención en futuras investigaciones y con incidencias mayores de plagas.

### 5.1.3 Incidencia de malas hierbas

La población uniforme de gramíneas a los 14 dds en todos los tratamientos (Cuadro 6) pudo ser el resultado de una reserva alta de esas especies en el suelo, como lo demuestra el historial de incidencia de malezas en ese terreno.

La reinfestación por gramíneas que ocurrió en todos los tratamientos después de la primera aplicación de propanil, confirma la falta de residualidad de ese herbicida. Similares resultados obtuvo Ajú (3) cuando evaluó varias mezclas de herbicidas con arroz de secano.

La escasa ocurrencia de especies de hoja ancha después de la aplicación general de 2,4-D a 0,5 kg/ha, coincide con el historial de incidencia de malezas del lote, resultado de la siembra continua de arroz y la subsecuente selección de especies de malezas que eso provoca.

La labranza convencional con dos aspersiones postemergentes de propanil, mostró la menor incidencia de malezas. Lo anterior ha sido observado por varios investigadores (9, 44, 64, 70, 84, 88) y puede deberse a que la labranza convencional elimina varias generaciones de malezas antes de la siembra y a una más rápida germinación y por ende más rápido establecimiento del cultivo.

Hubo una tendencia al aumento en el peso fresco de malezas conforme disminuyó la labranza; similares resultados reportó Curfs (20) y Cheong, citado por Sarkar y Moody (74).

#### 5.1.4 Variables tomadas al suelo

Los tratamientos con cero labranza presentaron la mayor resistencia a la penetración en la superficie del suelo; este parámetro se define como la capacidad de un suelo particular de resistir o sostener una fuerza (83) y es un índice integrado de su compactación, contenido de humedad, textura y tipo de mineral arcilloso (9). Dichos resultados pueden deberse al pisoteo por bovinos que toleran estos suelos durante el verano. Según Toledo y Morales (81), el ganado compacta mucho más que la maquinaria. Alderfer y Robinson (4), apuntan que la compactación de origen animal se concentra en los primeros 5 cm. Como es obvio, todos los tratamientos habían recibido pisoteo del ganado; pero en los de labranza convencional y mínima, esa capa compactada superficial, fue rota por pasadas de rastra.

A 15 cm de profundidad, no hubo diferencias entre tratamientos en los valores de compactación; pero todas las mediciones superaron a aquellas tomadas en la superficie. Esto se pudo deber a la existencia de una capa compactada conocida como "pie de arado" y resultante del uso continuado de labranza convencional (1). Según Nelson (61), la maquinaria pesada, ha aumentado la eficiencia de la finca, pero ha deteriorado las condiciones físicas del suelo, al causar compactación. Froehlich (32), por su parte, afirma que el efecto de la maquinaria profundiza más que la compactación por el ganado.

La compactación provoca una disminución en el rendimiento de los cultivos, pues al restringirse el crecimiento radical, se ve limitada la disponibilidad de agua, aire y nutrimentos (77). Según Aguero (1), los valores de compactación en varias fincas de Guanacaste, superan a los que la literatura señala como críticos para el crecimiento de los cultivos.

### 5.1.5 Variables agronómicas

En todos los tratamientos con dos aplicaciones de propanil excepto aquel de mínima labranza con una aplicación de oxifluorfen + dalapón antes de la siembra, se obtuvieron alturas de plantas, pesos frescos de plantas y de espigas mayores, comparado con sus tratamientos homólogos de labranza (pero con una aplicación de propanil). Lo anterior sugiere, que la falta de residualidad de ese herbicida posibilita una rápida reinfestación por gramíneas, lo que justifica la segunda aplicación del producto. En años recientes, se hacen esfuerzos por encontrar nuevos herbicidas que disminuyan el problema antes mencionado. Ajú (3), reportó resultados promisorios con la mezcla oxadiazón + propanil, a dosis de 0,5 + 3,0 kg/ha respectivamente.

La producción de grano fue mayor con labranza convencional. Lo mismo ha sido observado por varios autores al trabajar con arroz de secano (63, 65). Chatterjee y Safiuddin (22) apuntan que uno de los componentes del rendimiento más afectados al disminuir la labranza, es el número de espigas. El tratamiento de mínima labranza en que se usó glifosato antes de la siembra para desecar la vegetación, no difirió estadísticamente en rendimiento de grano del tratamiento de la labranza convencional, cuando ambos recibieron dos aplicaciones de propanil. Pakarandom et al (65) reportaron resultados parecidos cuando evaluaron tipos de labranza con arroz de secano en un suelo arenoso de baja fertilidad.

### 5.2. Experimento 2: "Manejo del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación"

El mayor número de plantas de sorgo obtenido con labranza convencional pudo deberse al mejor contacto semilla-suelo, aspecto importante

para la germinación, en especial para suelos con escaso contenido de humedad; situación que prevaleció en la época de siembra del cultivo. Sin embargo, esos tratamientos presentaron los síntomas más severos de deficiencia hídrica; quizás debido al efecto desecante de la labranza y a la competencia por agua de un mayor número de individuos.

En el otro extremo (tratamientos de cero labranza), si bien es cierto que no mostraron síntomas severos de deficiencia hídrica, también lo es el que hubo una significativa reducción en el número de individuos, lo que hizo que estos tratamientos y los mencionados al inicio, no difirieran en peso fresco del follaje a los 50 dds. En esa misma época, la mayor producción de biomasa resultó al eliminar el rastrojo de arroz, volear la semilla de sorgo e incorporarla con una pasada de rastra (mínimo laboreo). Es probable, que al disminuir la labranza en ese tratamiento, el suelo mantuvo una mayor humedad (Cuadro 22); por otra parte, al eliminar el rastrojo de arroz e incorporar la semilla con una pasada de rastra, mejoró la germinación, pero no tanto como para provocar una competencia intraespecífica por agua, como la ocurrida en los tratamientos de labranza convencional.

No hubo diferencias en la incidencia de malezas entre tratamientos para ninguna de las dos épocas de muestreo efectuadas y dicha incidencia fue baja. Lo anterior, concuerda con trabajos de Partohardjono y Harahap (66), quienes reportan que en Indonesia, la labranza se hace en épocas secas para reducir problemas de malezas, en lugares donde se siembran cultivos resistentes a sequía.

## 6. CONCLUSIONES

- 6.1 Experimento 1: "Tres sistemas de labranza con arroz de secano"
- a) La mayor producción de grano se obtuvo con labranza convencional y dos aplicaciones postemergentes de propanil a 3 kg/ha cada una.
  - b) Los resultados indican, que el sistema de rotación óptimo sería arroz con labranza convencional seguido por sorgo con labranza mínima.
  - c) La cero labranza (semilla sobre suelo no laboreado) provocó una significativa merma a la germinación del cultivo.
  - d) El dalapón pudo afectar la germinación del arroz, debido a la residualidad que este producto manifiesta en el suelo.
  - e) Poblaciones bajas de plagas del follaje, no disminuyeron el rendimiento de grano.
  - f) La incidencia de malezas aumentó al disminuir la labranza, primero en las especies de hoja ancha (14 dds) y luego en las especies de gramíneas (después de la aplicación de propanil + 2,4-D).
  - g) La no residualidad del propanil, sugiere la necesidad de intentar mezclas con otros herbicidas que si presenten esa característica y que a pesar de controlar gramíneas sean selectivos al cultivo.
  - h) El tipo de labranza no afectó la incidencia de plagas ni la incidencia de Piricularia oryzae.
  - i) La compactación por maquinaria se manifestó con mayor magnitud conforme aumentó la profundidad de muestreo.
  - j) Las malezas disminuyeron la altura de plantas y el peso fresco de plantas, espigas y granos individuales del cultivo.
  - k) En todos los tratamientos evaluados, hubo un significativo incremento en producción de grano, cuando se practicó una segunda

aplicación de propanil.

6.2 Experimento 2: "Manejo del rastrojo de arroz y su efecto sobre el desarrollo de un sorgo forrajero en rotación"

- a) La mayor producción de biomasa a los 25 y 50 dds se obtuvo con uno de los tratamientos de mínima labranza (eliminación del rastrojo, voleo de la semilla e incorporación con una pasada de rastra).
- b) La mayor germinación de sorgo se obtuvo con labranza convencional.
- c) Con cero labranza, disminuyó significativamente la germinación del cultivo.
- d) Los síntomas por escasez hídrica fueron más notorios en los tratamientos con labranza convencional.
- e) El sorgo bajo estudio, mostró alta tolerancia a la sequía y fue capaz de crecer con contenidos mínimos de agua en el suelo.
- f) No hubo diferencias entre tratamientos en el contenido de N foliar.
- g) La incidencia de malezas fue baja y similar en todos los tratamientos; con una tendencia a aumentar con mínima labranza.

## 7. RECOMENDACIONES GENERALES

- a) Deberá darse énfasis a la búsqueda de tratamientos herbicidas selectivos al arroz y con residualidad, de modo que las malezas no lleguen a fructificar. Si esto se logra, es presumible una disminución en la población de malezas más rápida en los sistemas de mínimo laboreo, pues el suelo se remueve a menor profundidad y así, se sacan menos semillas a la superficie, desde el banco del suelo.
- b) Debe investigarse en sistemas de labranza con cultivos más adaptados a la zona ecológica bajo estudio, como lo son maíz, sorgo, soya, maní, etc.
- c) Aunque no se cuantificó, se notó una mayor erosión hídrica del suelo, en los tratamientos con labranza convencional. En el futuro, deben estimarse esas pérdidas, para comprender mejor, los efectos del mínimo laboreo.
- d) Deben evaluarse otros desecantes de la vegetación previo a la siembra, a fin de encontrar tratamientos más baratos y seguros para el cultivo.
- e) Se sugiere investigar la rotación con cultivos aún más resistentes a la sequía, como podrían ser varias especies de millos africanos; también se requieren especies con ciclos de vida más cortos, para aumentar las posibilidades de éxito de la rotación.
- f) Sería oportuno, estudiar el efecto de un riego suplementario sobre el desarrollo de los cultivos en rotación, en cuyo caso no deben descuidarse aspectos de índole económica.

## 8. BIBLIOGRAFIA CITADA

1. AGUERO, J. M. Compactación y compactabilidad de suelos agrícolas y ganaderos de Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1980. 52 p.
2. AKBUNDU, I. O. No-tillage weed control in the tropics. In AKBUNDU, I. O. y DEUTSCH, A. E., eds. No tillage crop production in the tropics. IPPC, Oregon, 1983. pp. 32-44.
3. AJU, J. F. Uso de algunos herbicidas en pos-emergencia para el control de Rottboellia exaltata L. F. en arroz (Oriza sativa L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1984. 41 p.
4. ALDERFER, R. B. y ROBINSON, R. R. Runoff from pastures in relation to grazing intensity and soil compactation. Journal of American Society of Agronomy 39:948-958. 1947.
5. ALMEIDA, F. S. Controle de ervas. In Fundação Instituto Agronomico do Parana. Plantio directo no estado do Parana. Brasil, 1981. 244 p. (Circular 23).
6. ALTIERI, M. A., VAN SCHOONHOVEN, A. y DOLL, J. The ecological role of weeds in insect pest management systems: A review illustrated by bean (Phaseolus vulgaris) cropping systems. Pans 23(2):195-205. 1977.
7. ALLEN, R., STEWART, B. A. y UNGER, P. W. Conservation tillage and energy. Journal of Soil and Water Conservation 32(2):84-87. 1980.
8. BARKER, M. R. y WUSCHE, W. A. Plantio directo in Rio Grande do Sul, Brasil. Outlook on Agriculture 9(3):114-120. 1977.
9. BARNES, B. T. y ELLIS, F. T. Effects of different methods of cultivation and direct drilling, and disposal of straw residues, on population of earthworms. Journal of Soil Science 30:669-679. 1979.
10. BAVER, L. D., GARDNER, W. H. y GARDNER, W. R. Física de suelos. Trad. de la 4a. ed. inglesa por J. M. Rodríguez. Uteha, México, 1973. 529 p.
11. BERG, D. A. Energy conservation through effective utilization. Science 181:128-138. 1973.
12. BLEVINS, R. L., et al. Influence of no-tillage on soil moisture. Agronomy Journal 63(5):593-596. 1971.
13. \_\_\_\_\_ y THOMAS, G. W. Soil adaptability for no-tillage. In PHILLIPS, R. E., THOMAS, G. W. y BLEVINS, R. L., eds. No-tillage Research: Research Reports and Reviews. University of Kentucky, Lexington, Kentucky, 1980. pp. 7-22.

14. BOEREMA, E. B. y McDONALD, D. J. Evaluation of sowing methods for establishing rice in Southern Australia. *Int. Rice Comm. News* 1.16(5):25-29. 1967.
15. BOND, J. J. y WILLIS, W. O. Soil water evaporation: Long-term drying as influenced by surface residue and evaporation potencial. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 35(6):984-987. 1971.
16. BROWN, I. A. y QUANTRILL, R. A. The role of minimal tillage in rice in Asia, with particular reference to Japan. *Outlook on Agriculture* 7(4):179-183. 1973.
17. CAMPBELL, R. B., *et al.* Crop residue requeriments for water erosion control in six southern states. *Journal of Soil and Water Conservation* 34(2):83-85. 1979.
18. CANNELL, R. Q. Potentials and problems of simplified cultivation and conservation tillage. *Outlook on Agriculture* 10:379-384. 1981.
19. CARVALHO, A. Ocorrência e controle da pragas. *In* Fundação Instituto Agronômico do Paraná. *Plantio directo no estado do Paraná*. Brasil, 1981. 244 p. (Circular 23).
20. CURFS, H. Systems development in agricultural mechanization with special reference to soil tillage and weed control. *Meded. Landb. Wageningen*, 1976. 179 p.
21. CUSSANS, G. W. Weed control in reduced cultivation and direct drilling systems. *Outlook on Agriculture* 8:240-242. 1974.
22. CHATTERJEE, B. N. y SAFIUDDIN, A. K. Growth of wheat established with different amounts of tillage after the harvest of direct-seeded and transplanted rice. *Indian Journal of Agricultural Science* 48(11):654-659. 1978.
23. CHIU, C. y LIN, H. Chemical weed control for minimum or zero tillage in rice production. *Taiwan Agricultural Chemicals* 13(2):62-67. 1977.
24. DE DATTA, S. Principles and practices of rice production. Wiley, New York, 1981. pp. 182-284.
25. \_\_\_\_\_, BOLTON, F. R. y LIN, W. L. Prospects for using minimum and zero tillage in tropical lowland rice. *Weed Research* 19:9-15. 1979.
26. DIETZ, M. y JENNINGS, V. M. Herbicides studied on no-till-corn. *Agrichemical Age* 19(6):4-5. 1976.
27. DULEY, F. L. y RUSSELL, J. C. The use of crop residues for soil and moisture conservation. *Journal of the American Society of Agronomy* 31:703-709. 1939.

28. ELIAS, R. S. Rice production and minimum tillage. Outlook on Agriculture 6:67-71. 1969.
29. ERBACH, D. C. y LOVELY, W. G. Effect of plant residue on herbicide performance in no-tillage corn. Weed Science 23(6):512-515. 1975.
30. FLUCK, R. C. y BAIRD, C. D. Agricultural energetics. Connecticut Avi, 1980. 192 p.
31. FREE, G. R. Minimum tillage for soil and water conservation. Agricultural Engineering 41(2):96-99. 1960.
32. FROELICH, H. Soil compaction from logging equipment: effects on growth of young Ponderosa pines. Journal of Soil and Water Conservation 34(6):276-278. 1979.
33. GIBBONS, J. D. Nonparametric methods for quantitative analysis. Ohio, American Sciences Press, 1976. 463 p.
34. GONZALEZ, R. Informe de la investigación en arroz. Cámara Nacional de Productores de Granos Básicos, San José, Costa Rica, 1982. 19 p.
35. GREGORY, W. W. y RANEY, H. G. Pests and their control: Insect management. In PHILLIPS, R. E., THOMAS, G. W. y BLEVINS, R. L., eds. No-tillage research: Research reports and reviews. University of Kentucky, Lexington, Kentucky, 1980. pp. 55-68.
36. GRIFFITH, D. R., et al. Effect of eight tillage-planting systems on soil temperature, percent stand, plant growth, and yield of corn on five Indiana soils. Agronomy Journal 65(2):321-326. 1973.
37. HARROLD, D. L., TRIPLETT JUNIOR, G. B. y EDWARDS, W. M. No-tillage corn characteristics of the system. Agricultural Engineering 51(3):128-132. 1970.
38. HOLDRIDGE, L. R. Ecología basada en zonas de vida. Trad. de la 1ª ed. inglesa por Humberto Jiménez Saa. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica, 1979.
39. HOOD, A. E., JAMESON, H. R. y COTTERRELL, R. Crops grown using paraquat as a substitute for ploughing. Nature 201:1070-1072. 1964.
40. INSTITUTE OF NUTRITION OF CENTRAL AMERICA AND PANAMA. Food composition table for use in Latin America. Institute of Nutrition of Central America and Panama, Guatemala, 1961. p. 17.
41. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Research highlights for 1980. Los Baños, Filipinas, 1981. p. 54.

42. JUO, A. S. y LAL, R. Nutrient profile in a tropical alfisol under conventional and no-till systems. *Soil Science* 127(3):168-170. 1979.
43. KAPUSTA, G. y STRIEKER, C. F. Herbicidal weed control in stubble no-till planted corn. *Weed Science* 24(6):605-611. 1976.
44. KIM, S. C., HEU, H. y CHUNG, K. Y. Ecological aspect of some perennial weeds and its effective control in paddy rice. *Memorial Res. Rep. 10th Anniv. Yungnam Crop Experimental Station* 1:34-44. 1975.
45. LAL, R. No tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. IITA. *Journal Series N° 27. Soil Science Society of American Journal* 40(5):762-768. 1976.
46. \_\_\_\_\_. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. IITA. *Technical Bulletin N° 1.* 1975. 37 p.
47. \_\_\_\_\_, WILSON, G. V. y OKIGBO, B. N. No-till farming after various grasses and leguminous cover crops in tropical alfisol. I. Crop performance. *Field Crops Research* 1:71-84. 1978.
48. LINDSTROM, M. J., et al. Tillage and crop residue effects on soil erosion in the corn belt. *Journal of Soil and Water Conservation* 34(2):80-82. 1979.
49. LITSINGER, J. A. Insect supressing effect of rice stubble height, tillage practices, and straw mulch in wetland rice-cowpea cropping pattern. *International Rice Research Newsletter* 4(3): 26-27. 1979.
50. MABBAYAD, B. B. y BUENCOSA, I. A. Tests on "minimal tillage" of transplanted rice. *Philippine Agriculturist* 51(6):541-555. 1967.
51. MACARTNEY, J. C., et al. Effect of different cultivation techniques at Kongwa. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 48(1):19-23. 1971.
52. MALDONADO, M. A. Evaluación agro-económica y energética de la capacidad de sustitución de diferentes métodos de laboreo a distintos niveles de fertilización nitrogenada en sistemas de maíz y frijol. *Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE*, 1980. 112 p.
53. MEYER, L. D., WISCHMEIER, W. H. y FOSTER, C. R. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. *Soil Science Society of America Proceedings* 34(6):928-930. 1970.
54. MIAN, A. L. y ABDULLAH-AL, M. A nonselective weedkiller as a substitute for tillage in production of Aman Rice. *Agronomy Journal* 62:189-191. 1970.

55. MOODY, K. y DE DATTA, S. K. Economics of weed control in tropical and subtropical rice growing regions with emphasis on reduced tillage. In Proc. 1980, British Crop Protection Conference-Weeds. Brighton, Inglaterra, 1980. pp. 931-940.
56. MOODY, J. E., JONES, J. N. y LILLARD, J. H. Influence of straw mulch on soil moisture, soil temperature and the growth of corn. Soil Science Society Proceedings 27(6):700-703. 1963.
57. \_\_\_\_\_., SKEAR, C. M. y JONES, J. N. Growing corn without tillage. Soil Science Society of America Proceedings 25(6):516-517. 1961.
58. MOOMAW, J. C. et al. New directions in weed control research for tropical rice. In Proceedings 9th. British Weed Control Conference. Vol. 2. 1968. pp. 675-681.
59. MUSICK, G. J. y COLLINS, D. L. Northern corn rootworm affected by tillage. Ohio Report 56(6):88-91. 1971.
60. \_\_\_\_\_. y PETTY, H. B. Insect control in conservation tillage systems, conservation tillage... A handbook for farmers. Soil Conservation Society of America. 1974. 52 p.
61. NELSON, W., RAHI, G. y REEVES, L. Yield potencial of soybean as related to soil compaction induced by farm traffic. Agronomy Journal 67(6):769-772. 1975.
62. NORTHWOOD, P. J. y MACARTNEY, J. C. The effect of different amounts of cultivation on the growth of maize on some soil types in Tanzania. Tropical Agriculture 48(1):25-33. 1971.
63. OLOFINTOYE, J. A. y MABBAYAD, B. B. Weed growth establishment and yield of an upland rice variety under three tillage systems and four seeding rates. Philippine Agriculturist 63:345-352. 1980.
64. OSCHWALD, W. R., et al. No-tillage planting roundtable. Crops and Soil Magazine 1969:14-19. December 1969.
65. PAKARANDOM, S., MASANATE, V. y TILOKLURS, S. A test of tillage practice in Thailand. International Rice Research Newsletter 2(5): 23. 1977.
66. PARTOHARDJONO, S. y HARAHAP, Z. Varietal choice and crop management strategies for dry-sown rice in shalow rainfed or partially irrigated fields. International Rice Research Conference, 16-20 abril, 1979. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas. pp. 41-56.
67. PEREZ, S., ALVARADO, A. y RAMIREZ, E. Mapa preliminar de las asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, 1978, Esc. 1:200.000.

68. PHILLIPS, S. H. No-tillage, past and present. In PHILLIPS, R. E., THOMAS, G. W. y BLEVINS, R. L., eds. No-tillage research: Research reports and reviews. University of Kentucky, Lexington, Kentucky, 1980. pp. 1-6.
69. PHILLIPS, R. E., et al. No-tillage agriculture. Science 208:1108-1113. 1980.
70. POLLARD, F. y CUSSANS, G. W. The influence of tillage on the weed flora in a succession of winter cereal crops on a sandy loam soil. Weed Research 21(3):185-190. 1981.
71. ROWELL, D. L. y BARRETT, M. W. A survey of commercial direct drilling of rice in the Murrumbidgee irrigation area of South-Eastern Australia. In Proc. 5th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 1975. pp. 282-286.
72. SANCHEZ, P. A. Manejo de suelos tropicales en la Amazonia Sudamericana. Suelos Ecuatoriales 8(1):1-11. 1977.
73. \_\_\_\_\_. Suelos del trópico. Características y manejo. Trad. de la 1.ª ed. inglesa por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 625 p.
74. SARKAR, P. A. y MOODY, K. Effects of stand establishment techniques on weed population in rice. In International Rice Research Institute and International Weed Science Society. Weed Control in Rice. Proceedings of the Conference of Weed Control in Rice. 31 Agosto - 4 Setiembre, 1981, Los Baños, Filipinas, 1983. pp. 57-71.
75. SHENK, M. D. y LOCATELLI, E. Three years of research with minimum and zero tillage systems for small farmers in Central America. Weed Science Society of American Abstract 1980:119-120.
76. \_\_\_\_\_, SAUNDERS, J. y ESCOBAR, G. Mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays*) para climas tropicales húmedos de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Producción Vegetal, 1983. 45 p. (Serie Técnica).
77. SINGH, A. Soil compactation effects on the growth of sugar cane roots. Science and Culture 30(12):606-607. 1964.
78. SMITH, E. M. Machinery and power requirements. In PHILLIPS, R. E., THOMAS, G. W. y BLEVINS, R. L., eds. No-tillage research: Research Reports and Reviews. University of Kentucky, Lexington, Kentucky, 1980. pp. 84-95.
79. SPAIN, J. M. Labranza en suelos tropicales. Colombia, CIAT, 1974. 3 p. (mimeografiado).
80. STEEL, R. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2a. ed., New York, McGraw-Hill, 1980. 633 p.

81. TOLEDO, J. M. y MORALES, V. A. Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonía Peruana. In TERGAS, L. E. y SANCHEZ, P. A., eds. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. CIAT, Colombia, 1979. pp. 191-210.
82. TRIPLETT JUNIOR, G. y VAN DOREN JUNIOR, D. Agricultura sin labranza. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria. Managua, 1978. 8 p. (mimeografiado).
83. U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil dynamics in tillage and traction. Washington, Agriculture Handbook no. 316, 1957. 511 p.
84. VARGAS, J. P. Integrated practices for weed control in direct-seeded rice. Tesis Mag. Sci. Universidad de Filipinas, Los Baños, Filipinas, 1978. 105 p.
85. WARREN, G. F. Technology transfer in no-tillage crop production in third world agriculture. In AKOBUNDU, I. O. y DEUTSCH, A. E., eds. No-tillage crop production in the tropics. Oregon, IPPC, 1983. pp. 25-31.
86. WIESE, A. F. No-tillage crop production in temperate agriculture. In AKOBUNDU, I. O. y DEUTSCH, A. E., eds. No-tillage crop production in the tropics. Oregon, IPPC, 1983. pp. 7-25.
87. WIJEWARDENE, R. To till or not to till. *World Crops* 32(5):2-8. 1980.
88. WILSON, B. J. The influence of reduced cultivations and direct drilling on the long term decline of a population of Avena fatua L. in spring barley. *Weed Research* 21(1):23-28. 1981.
89. WITT, W. Weed control in no-tillage. In PHILLIPS, R. E., THOMAS, G. W. y BLEVINS, R. L., eds. No-tillage research: Research reports and reviews. University of Kentucky, Lexington, Kentucky, 1980. pp. 96-102.
90. WITTMUSS, H., OLSON, L. y LANE, D. Energy requirements for conventional versus minimum tillage. *Journal of Soil and Water Conservation* 30(2):72-75. 1975.
91. ZAFFARONI, E., et al. Influencia del no-laboreo en la producción de maíz y frijol en Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Cultivos Anuales. Turrialba, Costa Rica, 1979. 21 p. (mimeografiado).