

EXPERIMENTOS DE MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS A LARGO PLAZO CON SISTEMAS DE MANEJO DE CULTIVO CON BAJOS INSUMOS.

*Rhonda R. Janke**

INTRODUCCION

Una de las áreas de investigación con mayor desafío dentro del orden de la agricultura sostenida con bajos insumos es conducir una investigación con sentido dentro de los estudios de sistemas de cultivo a largo plazo. El problema es como conducir el "componente" investigación, que prueba una hipótesis específica acerca de uno o dos factores, mientras se mantiene el realismo y la complejidad del sistema de cultivo. Uno de los mitos que dominaba a la comunidad investigadora a principios de los 80's era que el sistema de cultivo con bajos insumos no era más que el sistema convencional sin utilizar químicos (Harwood, 1984). Como resultado, el componente de investigación en ese tiempo "probó" que este sistema era inferior al manejo convencional. Experimentos diseñados con esta suposición primaria fallaron en considerar que el uso de químicos es uno de muchos factores envueltos en el diseño de un sistema eficiente, bien estructurado, integrado y biológicamente estable que se encuentran en muchas granjas orgánicas comerciales. (USDA 1980, NAS 1989).

Este trabajo describirá dos estudios de sistemas comunes de cultivo a largo plazo, conducidas en el Instituto de Rodale en Suroeste de Pensilvania. Muchos otros estudios se realizara en otras localidades como California, Cornell (Nueva York), Nebraska, Carolina del Norte y Michigan. Los investigadores principales en estas localidades estan en contacto unos con otros y a menudo colaboran de manera formal o informal. También, colaboradores de varias universidades vienen al Instituto Rodale a coleccionar datos de ensayos a largo plazo en maquinaria, enfocando diferentes asuntos que cubren desde la calidad de la materia orgánica, ciclo del nitrógeno hasta el efecto de cultivos de cobertura y sistemas de labranza para control de malezas.

* Directora de investigación, Centro de Investigación en el Instituto, Rodale, Kutztown, Pensilvania, 19530, E.E.U.U.

ENSAYOS EN SISTEMAS DE FINCAS

En 1981, se inició un estudio a largo plazo para investigar el proceso de cambiar de un sistema convencional a un sistema de cultivo con bajos insumos u orgánico. Con este fin se diseñaron tres sistemas representativos de producción:

- 1) Sistema con bajos insumos con animales (BI-A), para simular una granja con producción de cultivos y ganado (granja típica en Pensilvania). Este sistema incluye una rotación cada cinco años que incluye maíz para grano, soya, granos menores (trigo y avena), leguminosas para heñificación y ensilaje de maíz. El estiércol de los animales es aplicado previo a cada cultivo de maíz para suplementar el nitrógeno proveniente de las leguminosas, tanto de la producción de heno como de la producción de soya (Fig. 1).
- 2) Sistema de bajo insumo con cultivos de subsistencia (BI-CS), esta basado en la suposición que cada año es necesario un cultivo de subsistencia para tener un flujo de dinero y que el estiércol no es disponible. Esta rotación incluye maíz para grano, soya, granos menores (trigo, avena y cebada) y leguminosas de cobertura.
- 3) La rotación convencional que incluye maíz y soya con la adquisición de fertilizantes, herbicidas e insecticidas; aplicados siguiendo los consejos dados por la Universidad Estatal de Pensilvania. En los sistemas 1 y 2 no se utilizan pesticidas o fertilizantes nitrogenados. La cal y el potasio han sido aplicados una vez durante los once años del experimento.

Las rotaciones con bajos insumos dependen de la rotación de cultivos, cultivos de cobertura, cultivos en relevo y la labranza mecanizada para el control de malezas. Sólo los abonos verdes (leguminosas) y abonos animales son utilizados como fuente de nitrógeno. Los tres sistemas de cultivo fueron iniciados en tres diferentes puntos para un total de nueve tratamientos. Estos tratamientos tuvieron ocho réplicas en parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar, con parcelas divididas por punto de entrada de rotación. Resultados y descripciones más detalladas se pueden encontrar en Radke et al. 1988, Liebhart et al. 1989, Andrews et al. 1990 y Peters et al. 1992.

De 1981 a 1984 se anticipó y se observó un período de transición biológica, por ejemplo, durante el proceso de convertir de un método convencional a uno de bajo insumo. Hubo un cambio en el equilibrio entre los procesos del suelo y crecimiento de las plantas. La evidencia que soporta esto, incluye el hecho de que los sistemas de bajo insumo tuvieron rendimientos menores en maíz en los años de 1981 a 1984 (Fig. 2). Pero desde ese entonces en los tres sistemas se obtuvieron rendimientos similares de maíz. Esto se atribuye a la falta de nitrógeno en el suelo disponible para la planta durante los años de transición. El rendimiento del cultivo, en algunos años, también pudo haber sido afectado por el crecimiento excesivo de malezas; lo que se pudo haber combinado con el problema de nitrógeno, a pesar que no existen patrones consistentes de incrementos, disminuciones o cambios en especies de malezas en los datos de las figuras 3a, 3b y 3c. Actualmente las malezas anuales predominan en los sistemas de bajo insumo y malezas perennes en el sistema convencional, debido en gran parte a la selectividad de los herbicidas. Las malezas más abundantes fueron: *Setaria faberi*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, y *Convolvulus arvensis*.

Los rendimientos de soya han sido similares en los tres sistemas durante los años de transición y los rendimientos de granos menores y la producción de heno se comparan favorablemente con los rendimientos promedio del condado. De manera que el maíz fue el único cultivo afectado durante el periodo de transición biológico. Nuestra conclusión acerca de la mejor forma de afrontar el periodo de transición es empezar la rotación de granos menores más leguminosas de cobertura o iniciar con cultivos de leguminosa para grano como la soya.

Referente al control de malezas, el uso apropiado de herbicidas recomendado fue generalmente efectivo en el sistema convencional. En el sistemas de bajo insumo, la biomasa de maleza tuvo una correlación negativa con el incremento en la densidad poblacional del maíz, las variedades de maíz de periodo largo, el número total de labranzas (ver tabla 2a y 2b) y lo temprano de la primera labranza. La efectividad del control de las malezas en el sistema de bajo insumo, también dependió de la habilidad del operador de la preparación del terreno y al clima, que ambos son difíciles de cuantificar.

En general, la biomasa de malezas ha sido mayor en los sistemas de bajo insumo comparado con el sistema convencional, pero no hay una tendencia en el incremento en biomasa a través de los años en que se realizó el experimento (Fig. 3). Casos aislados de crecimiento excesivo de malezas (por ejemplo en 1982 en el sistema de BI-CS, fig. 3b) parecen

no afectar o causar crecimientos excesivos de maleza en el futuro, esto también puede deberse a las fechas de las cultivadas en ese año (tabla 2). De 1985 al presente, se utilizaron entre dos y tres pasadas con un arado azadon rotatorio más dos o tres pases con cultivador han sido usados. Aparentemente, el tiempo entre la siembra y la primera cultivada es crítica, y en 1982, pasaron 26 días antes que la cultivadora fuera utilizada teniendo como resultado problemas con malezas.

En 1986 se inició un experimento dentro del experimento principal para observar el efecto que tenía el nivel de malezas en los rendimientos del cultivo. Se marcaron dos subparcelas al inicio de la época de crecimiento. Una subparcela (se determinó al azar) fue deshierbada a mano durante todo el cultivo y la otra subparcela se cultivó con el equipo utilizado para preparar toda la parcela (Fig. 4). El interior de cada subparcela se cosechó manualmente y se utilizó la prueba "t" para determinar el efecto de las malezas en el rendimiento. Solo en dos casos durante cinco años se encontró un efecto significativo en la reducción del rendimiento debido a las malezas (cuadro 1). En 1986 el sistema de BI-CS con maíz, y el BI-A con maíz en 1988, tuvieron reducción en producción, aunque el BI-A con maíz en 1988 fue el tratamiento con mayor rendimiento en ese año a pesar de la maleza. El nivel crítico de malezas varía año con año, dependiendo de el clima y las condiciones de crecimiento. En 1989, un total de 1481 kg/ha de materia seca de malezas no redujo el rendimiento de maíz en el BI-A, probablemente porque hubo lluvias en una forma suficiente y oportuna, y el agua no fue un factor limitante a diferencia de 1988.

Estos resultados son más significativos en estos ensayos a largo plazo comparado con los ensayos de dos o cinco años. Los procesos biológicos son más interesantes después del período de transición inicial de cuatro años y también, es posible hacer análisis económicos y de varibilidad de ingresos en el desempeño a largo plazo, ahora que en el ensayo se han obtenido 10 cosechas.

En conclusión, 1) las malezas en algunas ocasiones estaban por encima del nivel crítico "visual", pero raramente superior al nivel crítico biológico. 2) durante los 10 años del experimento no hubo incremento en el nivel de la biomasa de malezas, aunque las malezas crecieron hasta producir semillas. 3) un control efectivo de malezas en el sistema de cultivo de bajo insumo (sin herbicidas) depende del uso de técnicas apropiadas de manejo de cultivo.

Cuadro 1. Rendimientos de maíz Post "Conversión", biomasa de malezas, y los años con impacto biológico significativo de las malezas en los ensayos de sistemas de cultivo.

SISTEMA DE CULTIVO	RENDIMIENTO DE MAIZ (kg/ha)	BIOMASA DE MALEZAS (kg/ha)
<u>1986</u>		
Bajo insumo con animales	10788 a	250 b
Bajo insumo con grano de subsistencia (1)	8591 b	786 a(2)
Convencional (M-M)	10410 a	160 b
Convencional (S-M)	10535 a	410 b
<u>1987</u>		
Bajo insumo con grano de subsistencia (3)	9030 a	523 a
Convencional (M-M)	8152 a	119 b
Convencional (S-M)	8717 a	68 b
<u>1988</u>		
Bajo insumo con animales	6898 a	1008 a (2)
Bajo insumo con grano de subsistencia	6835 a	503 b
Convencional (M-M)	5330 b	280 bc
Convencional (S-M)	6522 a	99 c
<u>1989</u>		
Bajo insumo con animales	7776 ab	1481 a
Bajo insumo con grano de subsistencia (4)	6961 c	123 c
Convencional (M-M)	7274 bc	545 b
Convencional (S-M)	8152 a	282 bc
<u>1990</u>		
Bajo insumo con grano de subsistencia (3)	9344 a	736 a
Convencional (S-M)	9908 a	10 b

Pie de página: para cuadro 1.

- (1) En este año se sembró una variedad de ciclo corto igualmente comparado con otros tratamientos y otros años. El maíz de ciclo tiene un potencial de rendimiento menor y sombrea menos las malezas comparado con el maíz de ciclo largo.
- (2) Indica los años en que la presión de las malezas redujo el rendimiento según se determinó en las subparcelas de malezas más/menos.
- (3) En estos años, no se sembró maíz grano en los sistemas de bajo insumo con animales debido a la secuencia de la rotación.
- (4) La primavera de 1989 fue húmeda, y el maíz grano de bajo insumo con animales se sembró más tarde de lo normal, reduciendo el rendimiento comparado con los otros tratamientos, a pesar de la menor presión de malezas

Cuadro 2 (a y b). Calendario de preparación de tierras para los sistemas de bajo insumo con animales y bajo insumo con granos de subsistencia respectivamente.

a.)

SISTEMA DE BAJO INSUMO CON ABONO ANIMAL
DIAS DESPUES DE SIEMBRA

	AZADON ROTATORIO		CULTIVADORA		TOTAL		
1981:			12	17	30	3	
1983:	9		22	30		3	
1984:	14	21	35	44		4	
1986:	4	11	14	22	29	36	6
1988:	11	18		39	55		4
1989:	24			45	60		3

b)

 SISTEMA DE BAJO INSUMO CON ABONO VERDE
 DIAS DESPUES DE SIEMBRA

	AZADON ROTATORIO			CULTIVADORA	TOTAL
1981:				12 17 30	3
1982:				26 39	2
1983:	8			21 29	3
1984:	11			17 27 35	4
1985:	6	14		24 31 44	5
1986:	3	10	13	21 28 35	6
1987:	6	16		27 44	4
1988:	7	23		32 44	4
1989:	7	13		20 38	4
1990:	6	14		36 47	4

 EXPERIMENTOS DE LABRANZA REDUCIDA CON
 BAJOS INSUMOS

Este experimento se inició en 1987 para determinar la posibilidad de utilizar la labranza reducida como alternativa al uso del arado de vertedera. Las opciones de la labranza reducida incluye: 1) arado de cincel + rastreada, donde se deja algun residuo en la superficie, 2) labranza en camellones, sin una labranza inicial, pero donde a los camellones se les elimina los residuos de la parte superior antes de la siembra y 3) cero labranza, donde todos los residuos permanecen en la superficie del suelo. El estudio investiga las implicaciones energéticas y económicas de varios sistemas de cultivo, así como también cambios químicos, biológicos y de las propiedades físicas del suelo, la abundancia de malezas y el comportamiento por especie, el crecimiento del cultivo y el rendimiento. En este documento sólo se cubren los aspectos de rendimiento del cultivo y el manejo de las malezas del experimento.

Se comparan tres sistemas de cultivo con cuatro regimenes de labranza (Fig. 5). Una rotación convencional incluye maíz y soya (con cantidades recomendadas de fertilizante y plaguicidas). Los sistemas dos y tres incluye granos menores y cultivos de cobertura además de maíz y soya, depende primeramente en cultivos de cobertura para suplir el nitrógeno y controlar malezas, sin incluir paguicidas. En las figuras seis y siete se muestran los niveles de biomasa y el número de malezas en ca-

da réminen de labranza por sistema de cultivo a través de los cuatro años del experimento. La rotación de cultivos para cada sistema se incluye en estas figuras. En el diseño experimental de campo se incluyen seis réplicas para cada sistema.

El rendimiento de los granos menores y de la soya fueron iguales o similares a los del condado a lo largo de todo el experimento por lo que no se discutirá más acerca de este tema en el desarrollo de este trabajo. Se puede obtener más información en Wagoner et al. 1992. Los rendimientos de maíz en el sistema de cultivo tres fueron bastante bajos en 1988 debido a las condiciones de sequía, al pobre cultivo de cobertura y a la siembra tardía. En 1989 los rendimientos de maíz fueron bastante buenos en los sistemas de cultivo uno y dos, sólo en el tratamiento de bajo insumo con cero labranza se observó que los rendimientos fueron significativamente menores que los tratamientos convencionales (cuadro 3). El régimen de mezcla de labranzas funcionó bastante bien, y fue sembrado en cero labranza con *Vicia* spp., en la primavera de 1989. Los rendimientos del maíz fueron idénticos a los del sistema donde *Vicia* spp. había sido incorporada.

El experimento del nivel biológico crítico fue sobreimpuesto en estas parcelas en 1991 cuando todos los sistemas estaban sembrados de maíz. Seis de los trece tratamientos mostraron reducciones debido a las malezas (Fig. 8). Lo más notable fue que en los sistemas de cero labranza (tratamientos 8 y 12) y los sistemas de labranza con camellones (tratamientos 7 y 11) se pueden beneficiar con un mejor control de malezas. La mayor dificultad en los sistemas de labranza en camellones es la eliminación de las malezas debido a la gran cantidad de residuos presentes cuando se cultiva. Las parcelas de cero labranza no se hace ningún tipo de cultivación. El tratamiento 13 funcionó bien tanto en 1989 como en 1991, pero presentó niveles de malezas por encima del nivel biológico crítico, al igual que en el tratamiento dos.

CONCLUSIONES

En los sistemas con arado de vertedera y de labranza reducida como el arado de cincel o labranza en camellones, es posible tener un control efectivo de malezas sin utilizar herbicidas mediante el uso de técnicas apropiadas de manejo de cultivo como la rotación de cultivos, cultivos de cobertura y cultivadoras. En el experimento de labranza reducida, es necesario más trabajos en técnicas de cultivación para el manejo del aumento de residuos en el sistemas de labranza en camellosnes. En sistemas de cero labranza total, los cultivos de cobertura solos, no son suficientes para lograr el objetivo de controlar malezas. El establecimiento de un cultivo de cobertura en un sistema estrictamente de cero

labranza ha sido problemático, tanto cuando se ha sembrado al voleo o en surco por la cantidad de residuos. Es factible la combinación de un sistema donde cero labranza es alternado con labranza primaria (régimen de mezcla de labranzas), sin utilizar herbicidas.

Cuadro 3. Rendimiento de Maíz -- 1989 y 1991.

	Rendimiento de Maíz- kg/ha			
	1989		1991	
Sistema #1				
Arado	9407	a	6020	c
Cinzel	7024	c	7525	ab
Camellones	8215	abc	8027	a
Cero labranza	9218	a	5957	c
Sistema #2				
Arado	8090	abc	6396	bc
Cinzel	8152	abc	5581	c
Camellones	7337	bc	1693	d
Cero labranza	3951	d	0	e
Labranza mixta	8779	ab	6083	c
Sistema #3				
Arado	(1)		7776	a
Cinzel			8152	a
Camellones			6334	bc
Cero labranza			502	de

(1) El maíz no estuvo presente en el sistema #3 en 1989. Ver el diagrama de rotación.

(2) Las estadísticas está basadas en los análisis de varianza dentro del año y la prueba de Duncan.

LITERATURA CITADA:

- ANDREWS, R.W., S.E. PETERS, R.R. JANKE AND W.W. SAHS. 1990. Converting to sustainable farming systems. Pp. 281-313 in *Sustainable Agriculture in Temperate Zones*, C.A. Francis, C.B. Flora and L.D. King, eds. John Wiley & Sons, Inc.
- HARWOOD, R.R. 1984. Organic farming research at the Rodale Research Center. Pp. 1-17 in *Organic Farming: Current Technology and Its Role in a Sustainable Agriculture*. Proc. of ASA Symposium Nov. 29-Dec 3, 1981. ASA Special Publ. No. 46. Madison, WI.
- LIEBHARDT, W.C., R.W. ANDREWS, M.N. CULIK, R.R. HARWOOD, R.R. JANKE, J.K. RADKE, AND S.R. SCHWARTZ. 1989. Crop production during conversion from conventional to low-input methods. *Agronomy Journal* 81(2):150-159.
- NAS (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES). 1989. *Alternative Agriculture*. Pp. 286-307. *A Mixed Crop and Livestock Farm in Pennsylvania: The Kutztown Farm*. Washington, D.C.
- PETERS, S., R. JANKE AND M. BOHLKE. 1992. *Rodale's Farming Systems Trial 1986-1990*. Rodale Institute Technical Report. 45 pp.
- J.K., R.W. ANDREW, R.R. JANKE AND S.E. PETERS. 1988. Low input cropping systems and efficiency of water and nitrogen use. Pp. 193-217 in *Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen*. ASA-CSSA-SSSA Special Publication No. 51. Madison, WI.
- USDA 1980. *Report and Recommendations on Organic Farming*. Washington, D.C.
- WAGONER, P., L.R. LONGNECKER AND R.R. JANKE. 1992. *Low Input Reduced Tillage Experiment - Results from 1988-1991*. Rodale Institute Technical Bulletin (in preparation).

AGRADECIMIENTO: Al Ing. David Rodríguez por la traducción del documento de inglés a español.

Rotación para los Ensayos de Sistemas de Producción

Especificación del control de malezas y fertilización nitrogenada.	Tratamiento:	1986				1987				1988				1989				1990				
		Prima-Verana	Verano	Otoño	In-Verano	Prima-Verana	Verano	Otoño	In-Verano	Prima-Verana	Verano	Otoño	In-Verano	Prima-Verana	Verano	Otoño	In-Verano	Prima-Verana	Verano	Otoño	In-Verano	
SISTEMA 1: BAJO INSUMO CON ANIMALES																						
Control de malezas; Azadón rotatorio y cultivadora para el maíz y soya. Fertilización nitrogenada: Abono verde, estiércol, incorporados.	1-1	--TRIGO-				-----TREBOL ROJO/ALFALFA-----					--MAIZ GRANO-					---SOYA---				-ENSILAJE DE MAIZ-	---TRIGO--	
	1-2		--MAIZ GRANO-							---SOYA---				-ENSILAJE DE MAIZ-						-----TRIGO-----		-----TREBOL ROJO-----
	1-3			-ENSILAJE DE MAIZ-							-----TREBOL ROJO/ALFALFA-----											-----SOYA-----
SISTEMA 2: BAJO INSUMO CON CULTIVO DE SUBSISTENCIA																						
Control de malezas; Azadón rotatorio y cultivadora para maíz y soya. Fertilización nitrogenada: Abono verde, residuos incorporados antes del maíz.	2-1	---AVENA--				-----TREBOL ROJO/ALFALFA-----				--MAIZ--				---SOYA---					-----TREBOL ROJO-----		-----MAIZ-----	
	2-2		---CEBADA---				-----TRIGO-----				---SOYA---								---CEBADA---		-----TREBOL ROJO-----	
	2-3			---MAIZ (55)---				-----TRIGO-----				---SOYA---							---MAIZ---		-----TREBOL ROJO-----	
SISTEMA 3: CONTROL-GRANO DE SUBSISTENCIA																						
Control de malezas y fertilización nitrogenada (amonio, nitrato o urea): Basado en la recomendación de la Universidad de Pensilvania.	3-1		---MAIZ---							---MAIZ---				---SOYA---					---MAIZ---		---SOYA---	
	3-2			---SOYA---						---MAIZ---				---MAIZ---					---SOYA---		---MAIZ---	
	3-3			---MAIZ---						---SOYA---				---MAIZ---					---CORN---		---SOYA---	

Figura 1. Diagrama de rotación de cinco años para los ensayos de sistemas de labranza, 1986-1990

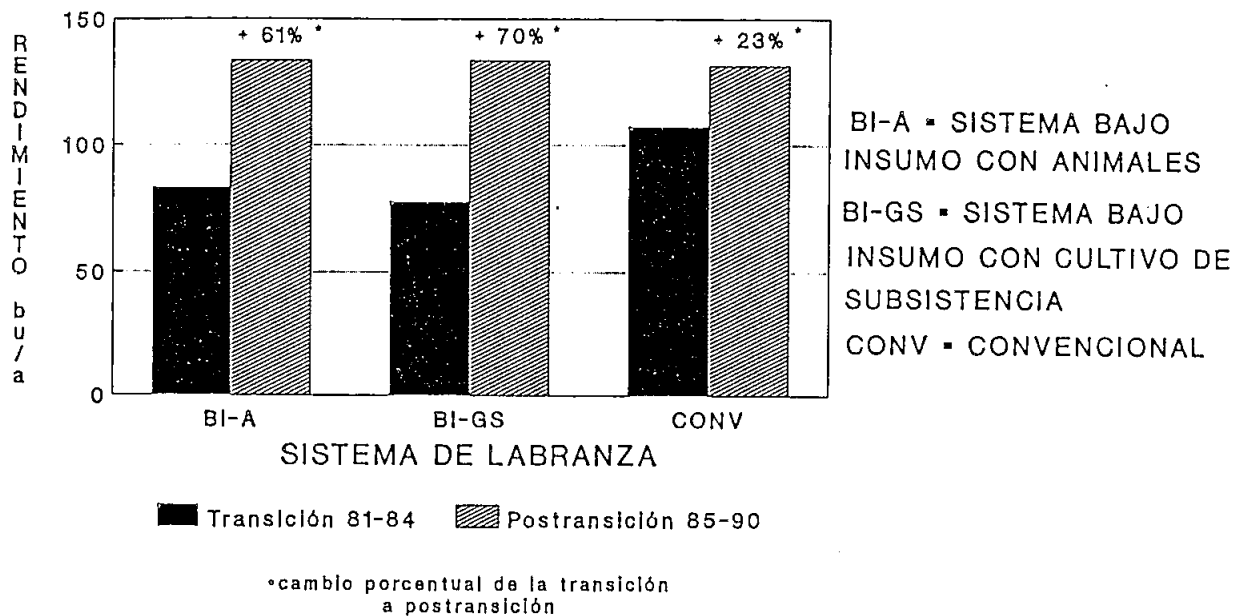


Figura 2. Rendimientos promedio de maíz de los ensayos de sistemas de labranza para 1981-1984 (durante la conversión) vs. 1985-1990 (post-conversión).

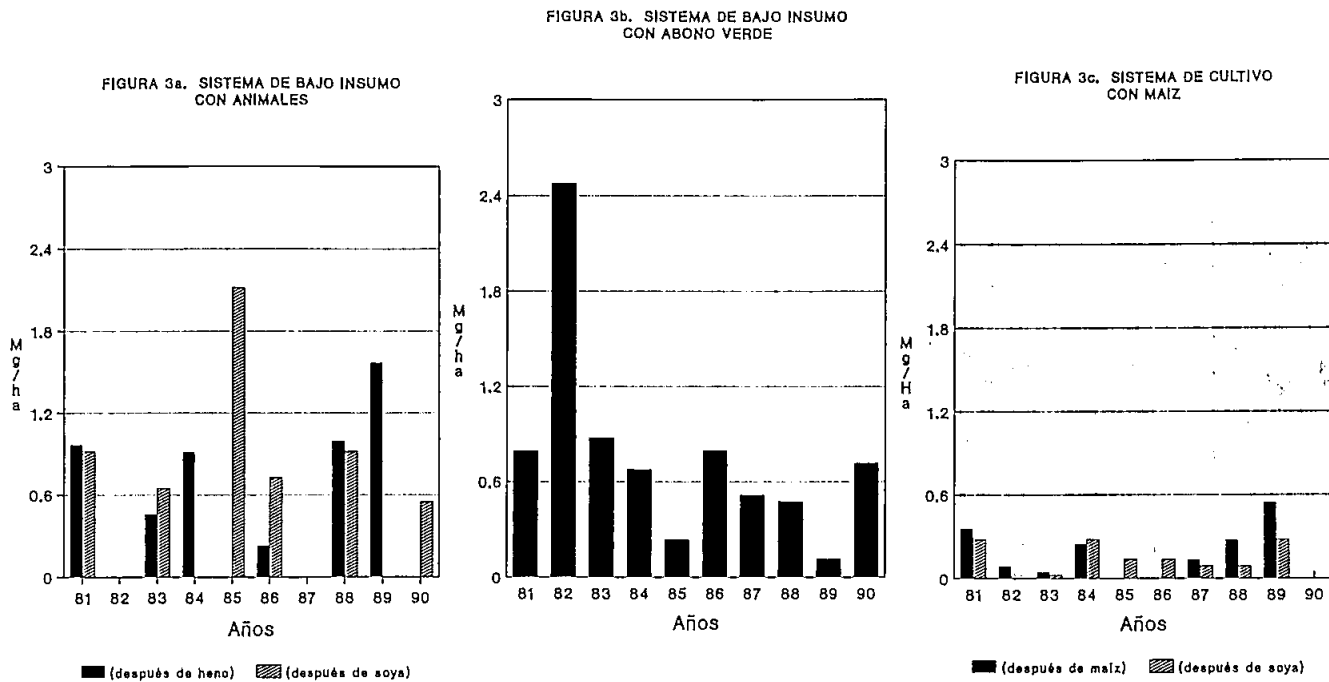


Figura 3 (a, b, c). Promedio de la biomasa de maleza en los sistemas de cultivo de bajo insumo con animales, bajo insumo con cultivo de subsistencia, y convencional para 1981-1990.

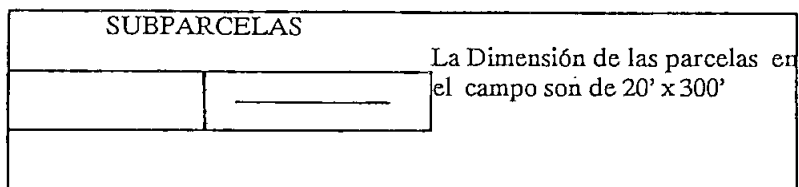


Figura 4. Diagrama de la parcela utilizada en el estudio de nivel biológico crítico, superpuesto en el experimento principal (el tamaño de las subparcelas fue de 10' x 15').

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3
	Convencional Maíz/soya	Bajo insumo Maíz/soya	Bajo insumo Rotaciones Diversas
Arado de vertedera			
Labranza con cincel/disco			
Labranza en camellones			
Cero Labranza			
Labranza mixta			

Figura 5. Diseño experimental la labranza reducida en los sistemas de bajo insumo

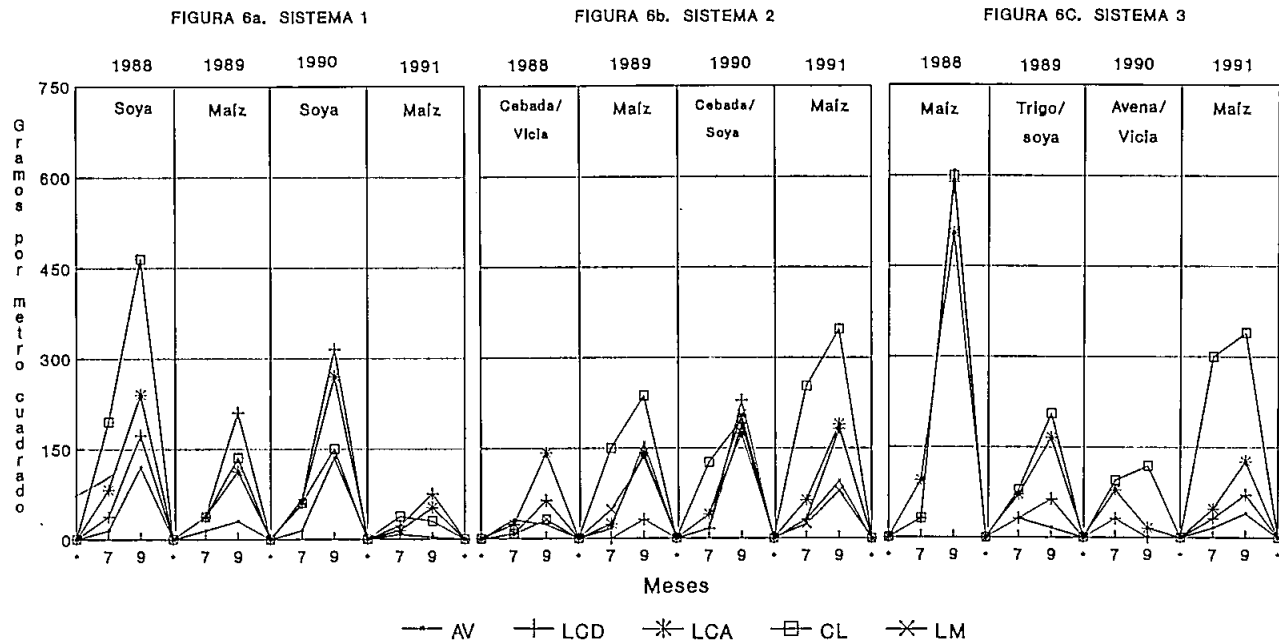


Figura 6. Biomasa total de maleza 1988-1991

AV = arado de vertedera

LCD = labranza con cincel disco

LCA = labranza en camellones

CL = cero labranza

LM = labranza mixta

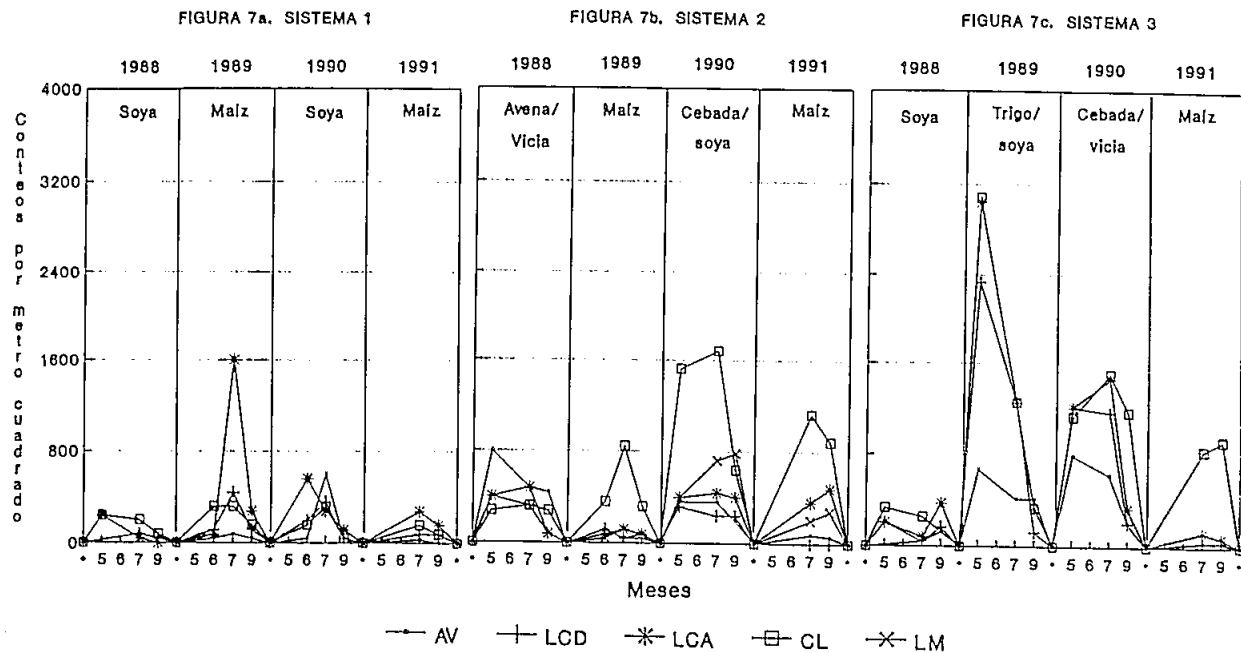


Figura 7. Conteo total de malezas 1988-1991

AV= arado de vertedera

LCD= labranza con cincel disco

LCA= labranza en camellones

CL= cero labranza

LM= labranza mixta

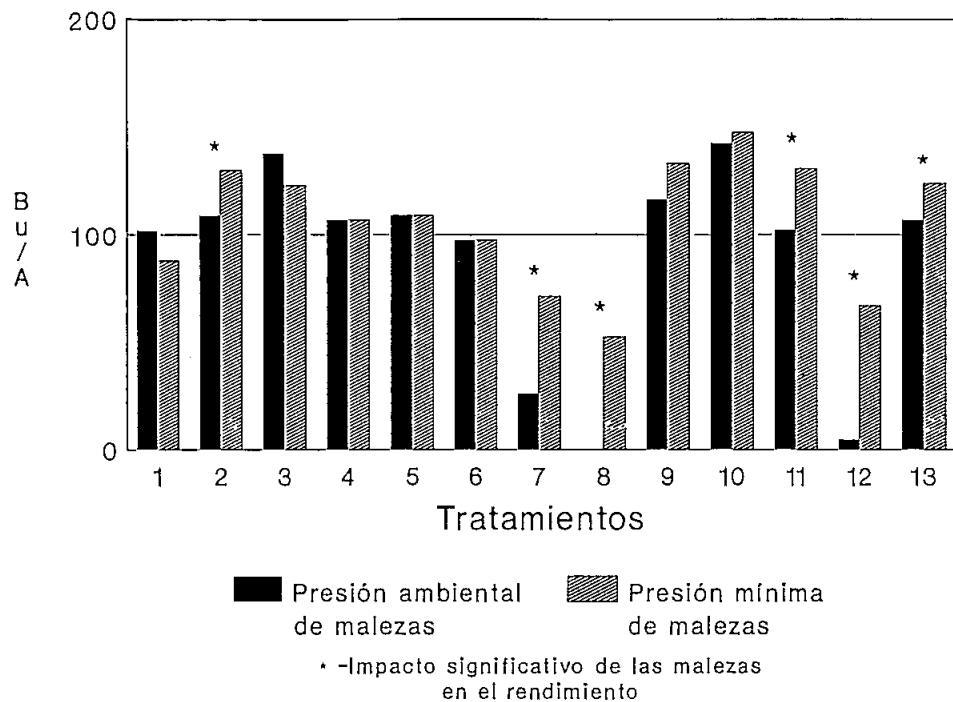


Figura 8. Resultados de la producción de maíz y umbrales biológicos de las malezas para las subparcelas dentro del experimento principal para 1991.