

# Rotación de Cultivos en Algodon - Impactos Agronomicos y Ecologicos

Helmut Eiszner\*, Victor Blandón\*\* y Jürgen Pohlan

## 1 Introducción

El monocultivo es una característica común de la agricultura centroamericana. En Nicaragua, el algodón se cultiva de esa forma desde el inicio de los años cincuenta, alcanzando el máximo área de siembra de 200, 000 hectáreas a fines de los años setenta. Su manejo se caracteriza por una preparación intensiva del suelo, el empleo de altos insumos externos y un control de malezas convencional, basado fundamentalmente en la aplicación de herbicidas en pre-siembra o en pre-emergencia. Esta agricultura cada vez mas intensiva en la región León - Chinandega ha provocado graves daños agroecológicos, como la degradación estructural de los suelos y la erosión, tanto hídrica como eólica. Por otra parte llevó a polarizaciones indeseables en los complejos de plagas, enfermedades y malezas, expresándose en la reducción de la biodiversidad y la aparición de especies de difícil manejo agrícola (BLANDON RIVERA, 1994). Esto elevó los costos de producción y redujó drásticamente el área de cultivo del algodón hasta 1500 ha en 1994.

Una solución dentro del sistema barbecho - monocultivo algodón mediante el uso creciente de insumos internos disminuiría a corto plazo los efectos negativos del monocultivo, pero no resultaría en un sistema sostenible, ni ecológico, ni económico. Para el rompimiento del monocultivo algodonerero en la región del Pacífico de Nicaragua los cultivos oleaginosas representan una alternativa viable, compensando la reducción de la producción del aceite de algodón por un lado y aprovechando la infraestructura industrial y humana de la región por otro lado. La soya combina en forma ideal una alta producción de aceite con la capacidad de la fijación de nitrógeno en la rotación. El ajonjolí con su alto demanda de mano de obra se recomienda sobre todo para productores pequeños.

Con la intención de frenar los daños al agroecosistema, diversificar la producción y facilitar el manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, la Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua realizó un experimento en el Centro Experimental de Algodón (CEA) Posoltega. Los objetivos fueron los siguientes:

- Evaluar el cambio del sistema barbecho - monocultivo algodón hacia un sistema de rotación barbecho - oleaginosas - algodón

---

\* Dr. agr., Universidad de Leipzig, Sección Ciencias Agrarias, Dpto. Agricultura Tropical Fichtestr. 28, D-04275 Leipzig, Alemania

\*\* Dr. agr., Universidad Nacional Agraria (UNA) Km. 12½ Carretera Norte - Apartado 453, Managua, Nicaragua

- Valorar el efecto de la rotación de cultivos oleaginosas sobre el rendimiento del algodón, de la soya y del ajonjolí
- Determinar la reacción de la flora adventicia al cambio del sistema y a la rotación de cultivos.

## 2 Materiales y metodos

Un ensayo con área fijo se llevó a cabo desde la postrera de 1987 hasta la primera de 1992. El CEA esta ubicado en el municipio de Posoltega, Chinandega, a 80 m.s.n.m., en las coordenadas 12°33' latitud norte y 86°59' longitud oeste. HOLDRIDGE (1960) clasificó esta zona como bosque tropical seco, el cual ha desaparecido virtualmente debido a la rápida expansión del monocultivo del algodón.

Con una temperatura promedio anual de 27,5 °C y 1890 mm de precipitación anual la localidad experimental presenta un período seco de noviembre hasta abril, acompañado de altas temperaturas. Las condiciones climáticas son aceptables para los cultivos de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), soya [*Glycine max* (L.) Merr.] y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), involucrados en la rotación. El suelo es de origen volcánico, profundo, moderadamente drenado y con buen contenido de materia orgánica, perteneciente a la serie El Ingenio (CATASTRO, 1971), clasificado como Andosol según FAO-UNESCO (1974). Las propiedades físicas y químicas del suelo, resumidos en el cuadro 1, ofrecen a los exigentes cultivos oleaginosas adecuadas condiciones de nutrición (EISZNER, 1994).

**Cuadro 1:** Propiedades físicas y químicas del suelo en el CEA Posoltega

pH	Mat. Org.	Arena	P	K	Ca	Mg
(H <sub>2</sub> O)	(%)	(%)	µg/ml	meq / 100 ml suelo		
6.4	2.8	62	18	1.33	8.00	3.32

El ensayo se estableció en un diseño bifactorial de parcelas divididas en bloques completamente azarizados con cuatro repeticiones. El área del ensayo fue de 1,080 m<sup>2</sup> y cada parcela tenía un tamaño de 54 m<sup>2</sup> y las subparcelas de 18 m<sup>2</sup>. Los siguientes factores fueron incluidos al ensayo:

Para analizar el efecto de rotación y de la época de siembra sobre los cultivos se determinó el rendimiento en un área de la parcela útil de 9.6 m<sup>2</sup> efectuandose análisis de varianza y separación de medias por SNK ( $\alpha = 5\%$ ).

Los cambios de la estructura y dinámica de la cenosis de las malezas se detectó mediante cinco recuentos de malezas por época de siembra en un área fijo de un m<sup>2</sup> por cada subparcela (EISZNER y POHLAN, 1992). Las variables tomados fueron:

- abundancia (numero de individuos por especie y m<sup>2</sup>)
- biomasa (producción de materia seca por especie y m<sup>2</sup>)
- diversidad (numero de especies por m<sup>2</sup>)

Cuadro 2: Factores de prueba y sus niveles en el experimento permanente de 1987 hasta 1992

Factor A: Rotación de cultivos	Primera	Postrera
a1	Soya sin inocular	Algodón
a2	Soya inoculada	Algodón
a3	Soya inoculada	Soya inoculada
a4	Soya sin inocular	Soya sin inocular
a5	Ajonjolí	Algodón
Factor B: Control de malezas		
b1	Control Químico Algodón Fluometuron o Acifluorfen Soya Fomesafen, Bentazon Ajonjolí Fluazifop	
b2	Control por Período Crítico Algodón ) 1 pase de azadón Soya ) en el período crítico Ajonjolí )	
b3	Control por Limpias Periódicas Algodón ) 3 pase de azadón Soya ) entre 15 - 45 dds Ajonjolí )	

Cuadro 3: Parámetros de siembra en el ensayo permanente

Cultivo	Variedad	Cantidad de semillas	Distancia de siembra	Profundidad de siembra
		(kg/ha)	(cm)	(cm)
Algodón	H-373	23	90 x 36	4-5
Soya	Cristalina	83	60 x 4	3-4
Ajonjolí	China roja / Turen	3.5	60 x 8	1-2

La historia del campo experimental era la siembra anual en el sistema barbecho - monocultivo algodón en los 10 años anteriores al ensayo, permaneciendo en descanso total un año antes de iniciar la fase experimental. La preparación del suelo se llevó a cabo de manera convencional con arado de disco y dos pases de grada, siguiendo las normas técnicas utilizadas en el CEA con los parámetros de siembra detallada en el cuadro 3. Se efectuó una fertilización completa después de tres años experimentales con la fórmula 12-30-10 a razón de 130 kg/ha. En todos los ciclos de cultivos se aplicó fertilizante nitrogenado en forma de urea en dos fracciones, siendo para algodón 120 kg/ha y para ajonjolí 60 kg/ha. Los tratamientos de soya inoculada se trató con 600 g de inoculante comercial para 50 kg de semillas. Las medidas de protección fitosanitaria fueron

realizadas por el CEA de acuerdo a los criterios establecidos por este centro. La cosecha de los cultivos se hizo de forma manual.

### 3 Resultados y Discusion

La introducción de la rotación de cultivos, rompiendo con ello el sistema de barbecho - mono-cultivo algodón, mostró en los cinco años del experimento claras tendencias favorables para este cambio (EISZNER, 1994; ESPINOZA GONZALEZ y RIVAS VANEGAS, 1994; MALESPIN CRUZ y CASTILLO MUÑOZ, 1993; RIVERA CENTENO, 1994; SOLORZANO, 1989). El rendimiento de los diferentes cultivos estuvo influenciado por la rotacion y por la época de siembra (Fig. 1 y 2). El algodón alcanzó sus mejores rendimientos cuando le antecedió el ajonjolí con 1368 kg/ha y soya sin inocular con 1333 kg/ha. Los bajos rendimientos del algodón en rama (811 kg/ha), registrados en la rotación con soya inoculada se atribuyen a la mayor extracción de nutrientes y agua por la leguminosa, lo cual se reflejó en los altos rendimientos de grano de la soya en esta rotación (Fig. 1).

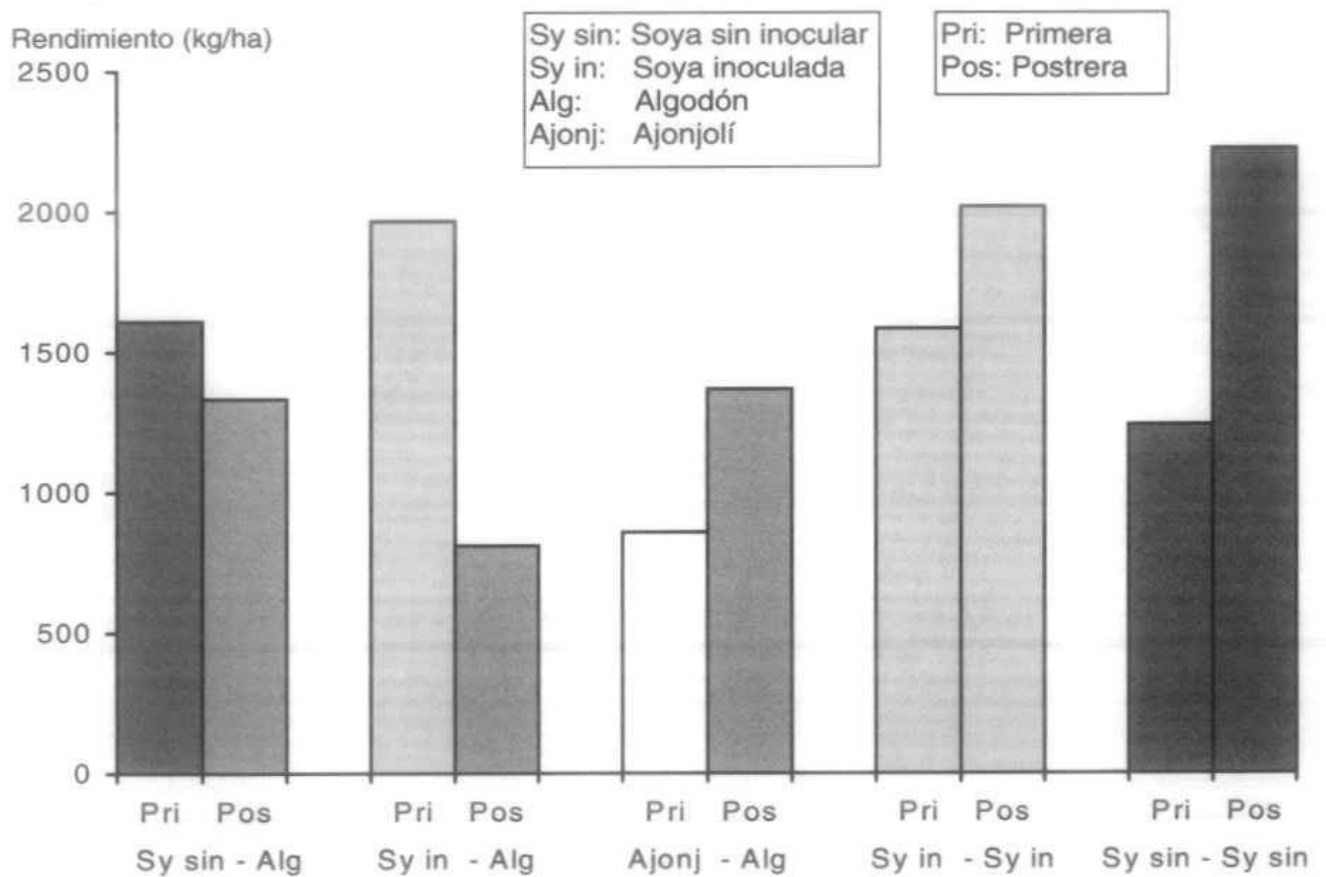


Fig. 1: Promedio del rendimiento de 1987 hasta 1992 por rotaciones

En promedio de los cinco años, el rendimiento de grano de la soya inoculada en la época seca, rotada con algodón, fue de 1966 kg/ha contra 1610 kg/ha registrados para la soya sin inocular. También en el monocultivo se destacó la soya inoculada con un aumento de rendimiento de 27% versus soya sin inocular. Estos resultados indican que la soya inoculada es una buena alternativa para la siembra en la primera, dado su mayor

tolerancia a las condiciones de sequía en comparación con la soya sin inocular. Por otro lado se manifiesta la suprimía de la rotación soya - algodón con 1788 kg/ha contra el monocultivo de soya con 1412 kg/ha en siembras de primera. Esto implica ajustar la fertilización mineral en la rotación para obtener mejores rendimientos en ambos cultivos, acorde a la mayor extracción de nutrientes por la soya inoculada.

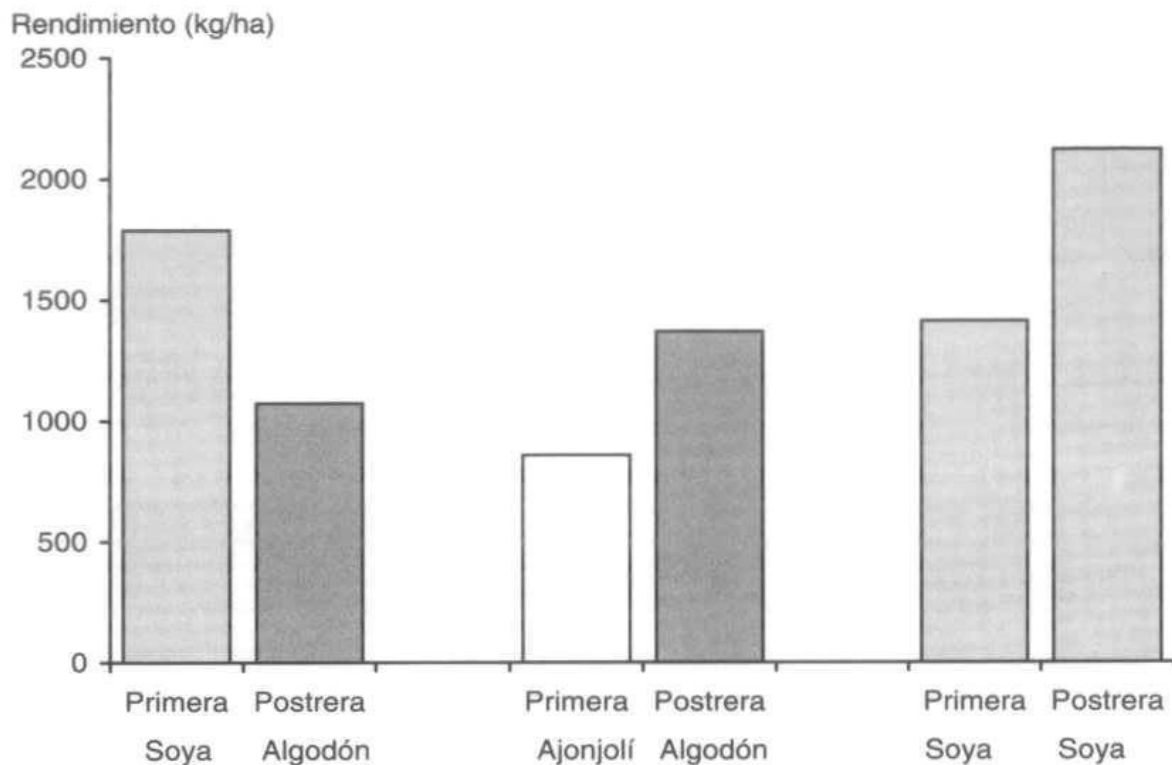


Fig.2: Promedio del rendimiento de 1987 hasta 1992 por cultivos

El ajonjolí mostró excelentes rendimientos de grano al rotarse con algodón, práctica que según USTIMENKO-BAKUMOVSKI (1982) es también muy común y exitosa en la India. En nuestro ensayo el promedio de rendimiento fue de 858 kg/ha (Fig 2). Es necesario mencionar que se utilicen para la siembra en la época de primera variedades de ciclo corto y tolerantes al fotoperíodo para garantizar la cosecha en la canícula. Los altos rendimientos del ajonjolí y su gran demanda de mano de obra lo recomiendan sobre todo para pequeños y medianos productores para incrementar sus ingresos, siendo el ajonjolí un cultivo de gran demanda para la exportación.

La intensificación del sistema de cultivo conllevó a cambios cualitativos y cuantitativos de la flora adventicia. Cinco años después de haber iniciado el experimento, en la primera 1992, la abundancia de las malezas se incrementó en 73% (abundancia inicial hasta 30 dds en cada época de siembra), comparada con la abundancia registrada en la primera de 1988 (Fig. 3). Las especies de la familia de Poáceas incrementaron su abundancia de 9 ind./m<sup>2</sup> en la primera de 1988 hasta 154 ind./m<sup>2</sup> en la primera 1992. Las Dicotiledóneas aumentaron su abundancia de 36 ind./m<sup>2</sup> a 79 ind./m<sup>2</sup> en el período experimental evaluado.

Las causas del incremento de la abundancia inicial de las malezas durante el período experimental obedece a la intensificación del sistema de producción para dos cosechas anualmente. Los labores de preparación del suelo y de manejo agronómico en cada época de siembra están provocando al inicio de cada ciclo de cultivo grandes explosiones de abundancia de malezas y con ello una mayor producción de semillas, lo cual se refleja en el incremento de la abundancia de las malezas en el último ciclo.

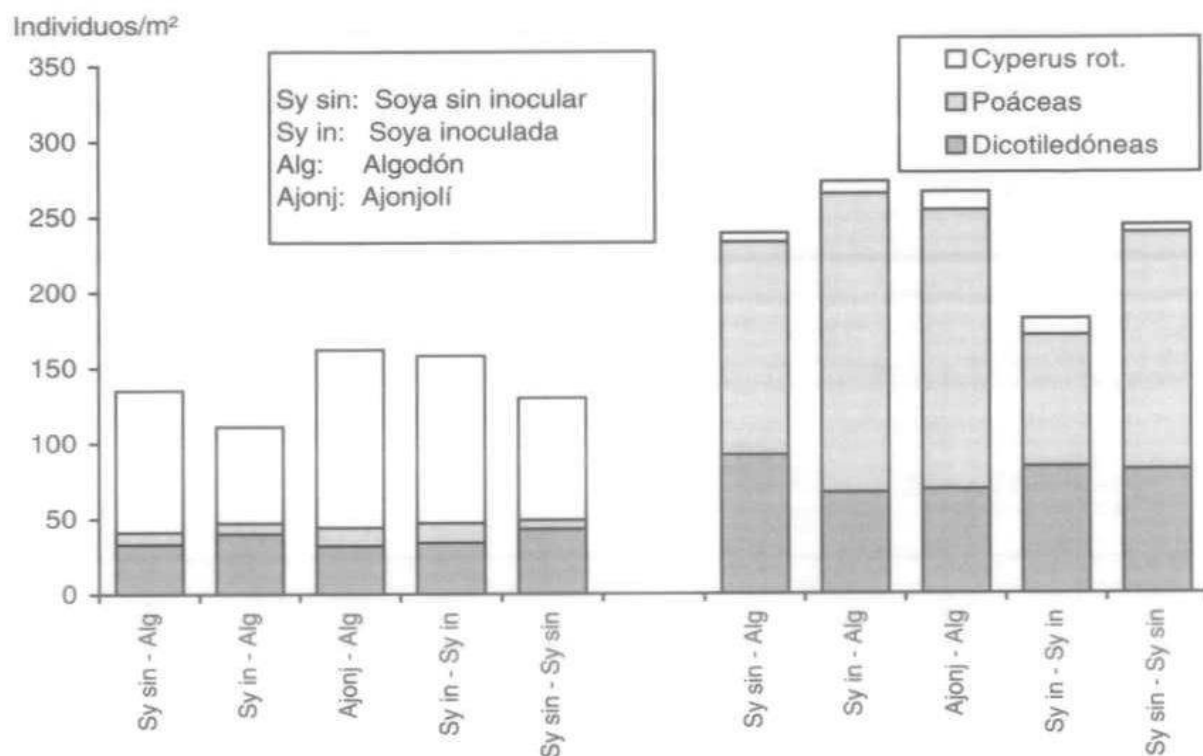


Fig.3: Efecto de la rotación de cultivos sobre la abundancia inicial (0...45 dds) de las malezas

El incremento en la abundancia de las malezas también se manifestó en mayores valores de producción de materia seca por las malezas en el ciclo de primera 1992. La biomasa de las malezas mostró un ascenso de un 25% en comparación con el año 1988 (Fig. 4). Esto se atribuye al incremento de la competencia interespecífica, sobre todo de las Gramíneas como *Cenchrus sp.* e *Ixophorus unisetus* (Presl.) Schlecht., las cuales por ser plantas del ciclo  $C_4$  son altamente competitivas bajo condiciones de alta luminosidad y muy eficientes en la síntesis de materia seca (POHLAN, 1988).

En solo cinco años de realizar el experimento, la especie *C. rotundus*, considerada una de las malezas más competitivos del mundo y la más perjudicante para el cultivo de algodón en Nicaragua, prácticamente desapareció de la cenosis a consecuencia de la introducción de la rotación de cultivos. Al inicio del ensayo determinaba la dinámica de la cenosis con 94 ind./m<sup>2</sup> (68% de la abundancia total) y fue reducida a 8 ind./m<sup>2</sup> en el año 1992. Esto evidencia, que el control de altas poblaciones de este especie debe basarse en medidas integradas, como el establecimiento del cultivo en densidades óptimas y uniformes con el fin de incrementar la competitividad del cultivo por la luz, combinadas con variedades precoces y en caso, que sea necesario, la aplicación de herbicidas pos-emergentes. La

implementación sola de medidas directas como el control químico en pre-siembra o en pre-emergencia favorece las poblaciones de *C. rotundus*, como lo demuestran los resultados obtenidos por BLANDON RIVERA (1994) en esa región.

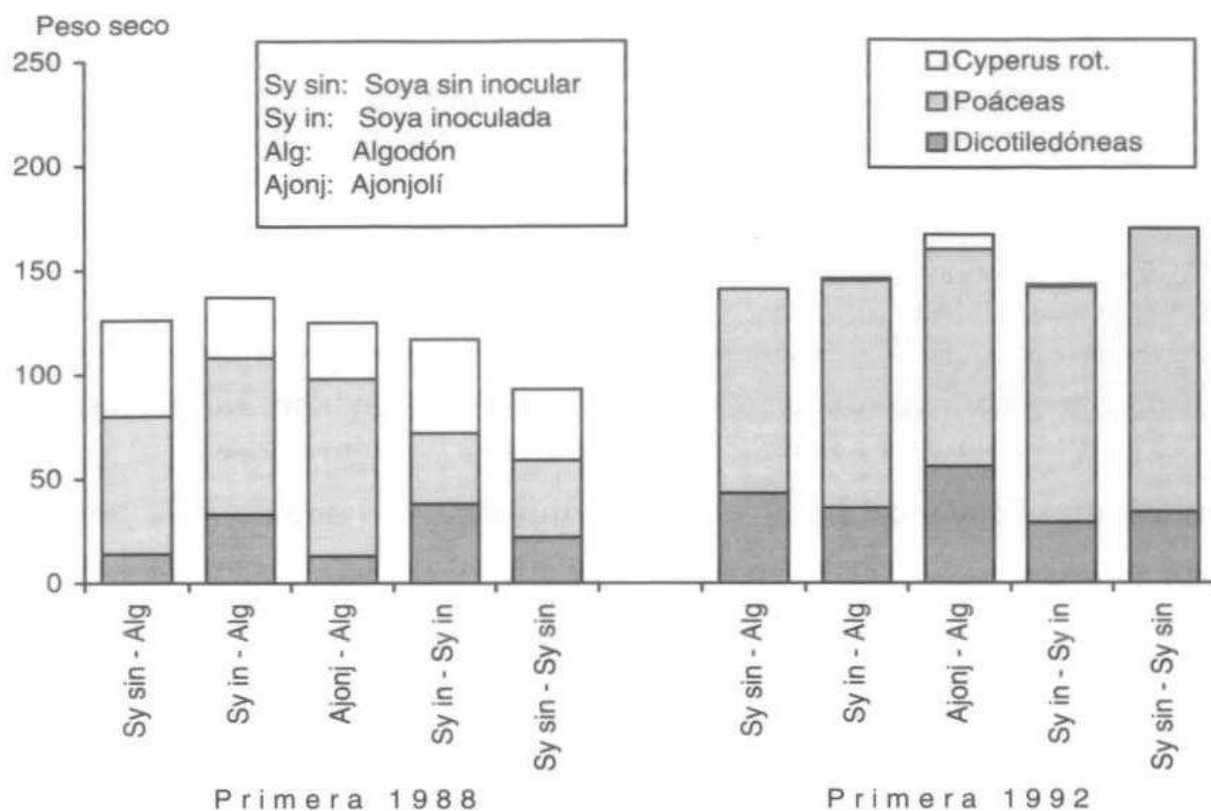


Fig.4: Efecto de la rotación de cultivos sobre la biomasa (100 dds) de las malezas

#### 4 Conclusiones

La evolución del sistema barbecho - monocultivo algodón hacia el sistema barbecho-oleaginosas-algodón con dos cosechas anuales es una alternativa viable para la región del Pacífico de Nicaragua, obteniendo rendimientos más altos que en el monocultivo. La implementación de una agricultura mas intensiva requiere igualmente de un manejo intensivo tanto de la fertilidad del suelo como de la flora adventicia. La introducción de un sistema de rotación por si sola no reduce o "soluciona" el problema de la competencia de las malezas tal y como se afirma en numerosos artículos relacionados a este campo. La rotación de cultivos constituye una opción para evitar el establecimiento de una cenosis de malezas altamente especializada, competitiva y difícil de manejar. Solamente de esta manera se puede alcanzar efectos ecológicos sostenibles así como niveles de rendimiento en diferentes cultivos de acuerdo a las condiciones ecológicas como las aquí presentadas.

#### 5 Resumen

Los impactos agronómicos y ecológicos del cambio de barbecho - monocultivo algodón hacia el cultivo doble de algodón en rotación con soya y ajonjolí fueron estudiados por la UNA Managua en el CEA Posoltega, Nicaragua, desde 1987 hasta 1992. Un

permanente ensayo bifactorial combinó cinco rotaciones y tres sistemas de manejo de malezas. El mayor rendimiento en rama del algodón (1368 kg/ha) se obtuvo después de ajonjolí antecedente. Soya inoculada (1583 kg/ha) rindió más alto que soya sin inoculación (1241 kg/ha), mostrando una mejor adaptación a siembras de Primera con irregular precipitación, pero requiriendo una mayor fertilización mineral del cultivo sucesor. La composición de la flora adventicia cambió drásticamente debido a la reducción del período de barbecho y introducción del cultivo doble. En 1988, la abundancia total inicial fue de 139 ind./m<sup>2</sup>, *Cyperus rotundus* con 94 Ind/m<sup>2</sup>, Poáceas con 9 ind./m<sup>2</sup> y Dicotiledóneas con 36 Ind/m<sup>2</sup>. En 1992 la abundancia total inicial aumentó a 241 ind./m<sup>2</sup>, desapareciendo casi el *Cyperus rotundus* con 8 ind./m<sup>2</sup>, el cual fue reemplazado por las Poáceas (154 ind./m<sup>2</sup>). Las Dicotiledóneas duplicaron su abundancia a 79 ind./m<sup>2</sup>. Cinco años después de haberse iniciado el experimento, el monocultivo de soya inoculada resultó en la menor abundancia con 182 ind./m<sup>2</sup>. La dominancia más bajo (141 g/m<sup>2</sup>) se obtuvo en la rotación soya (sin inoculación) algodón.

### **Agronomic and Ecological Impacts on Cotton with Changing Crop Rotation**

#### **Summary**

Agronomic and ecological impacts of changing from fallow - cotton monoculture to double-crop cotton in rotation with sesame and soybean was studied by the UNA Managua at CEA Posoltega, Nicaragua, from 1987 to 1992. A bifactorial permanent field experiment combined five rotations and three weed management systems. The highest cotton raw yield (1368 kg/ha) was obtained after preceding sesame. Inoculated soybean (1583 kg/ha) yielded higher than soybean without inoculation (1241 kg/ha), showing a better adoption to Primera growing season with irregular precipitation, but requiring a major mineral fertilization the succeeding crop. The composition of the adventive flora changed drastically due to shortening of the fallow period and introduction of double-cropping. In 1988, the total initial abundance was 139 ind./m<sup>2</sup>, *Cyperus rotundus* with 94 ind./m<sup>2</sup>, Poaceae with 9 ind./m<sup>2</sup> and Dicotyledoneae with 36 ind./m<sup>2</sup>. In 1992, the total initial abundance augmented to 241 ind./m<sup>2</sup>, nearly disappearing *Cyperus rotundus* with 8 ind./m<sup>2</sup>, which was replaced by Poaceae (154 ind./m<sup>2</sup>). The Dicotyledoneae duplicated their abundance to 79 ind./m<sup>2</sup>. Five years after starting the experiment, the soybean monoculture (inoculated) resulted in the minor abundance with 182 ind./m<sup>2</sup>. The lowest weed biomass (141 g/m<sup>2</sup>) was reached in the rotation soybean (without inoculation) - cotton.

### **Die agronomische und ökologische Wirkung einer wechselnden Fruchtfolge auf Baumwolle**

#### **Zusammenfassung**

Pflanzenbauliche und ökologische Auswirkungen des Wechsels von einer Brache-Baumwollmonokultur zu einem Zweifachanbau von Baumwolle in Fruchtfolge mit Sesam und Soja wurden von der UNA Managua in der Baumwollversuchsstation Posoltega von 1987 bis 1992 untersucht. In einem zweifaktoriellen stationären Feldversuch kamen fünf Rotationen und drei Unkrautmanagementsysteme zur Prüfung. Der



höchste Baumwollrohertrag (1368 kg/ha wurde bei Sesamvorfrucht erzielt. Inokulierte Soja (1583 kg/ha) erbrachte einen höheren Ertrag als Soja ohne Inokulation (1241 kg/ha), weil sie eine bessere Anpassung an die Frühjahrssaussaat mit irregulären Niederschlägen zeigte, erfordert aber auch eine stärkere Minereraldüngung zur Nachfrucht. Die Zusammensetzung der Unkrautflora veränderte sich drastisch mit der Verkürzung der Bracheperiode und der Einführung des Zweifachanbaus. Im Jahr 1988 betrug die Ausgangsabundanz 139 Ind./m<sup>2</sup> mit 94 Ind./m<sup>2</sup> *Cyperus rotundus*, 9 Ind./m<sup>2</sup> Poaceae und 36 Ind./m<sup>2</sup> Dicotyledoneae. Im Jahr 1992 stieg die Gesamtabundanz auf 214 Ind./m<sup>2</sup> an, wobei *Cyperus rotundus* mit 8 Ind./m<sup>2</sup> fast völlig verschwunden und durch Poaceae ersetzt war (154 Ind./m<sup>2</sup>). Die Dicotyledoneae verdoppelten ihre Abundanz auf 79 Ind./m<sup>2</sup>. Fünf Jahre nach Versuchsbeginn erreichte die Sojamonokultur mit Inokulation die niedrigste Abundanz von 182 Ind./m<sup>2</sup>. Die geringste Unkrautdominanz (141 g/m<sup>2</sup>) wurde in der Fruchtfolge Soja (ohne Inokulation)- Baumwolle festgestellt.

## 6 Literatura Citada

1. BLANDON RIVERA, V. 1994. Einfluss von Anbauperiode, Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung auf die Unkrautzönose, das Wachstum und den Ertrag ölliefernder Pflanzen in der Pazifik-Region der Republik Nicaragua. Diss. (A), WB Tropische Landwirtschaft, Universität Leipzig, Ed. Shaker, Aachen, 114 p.
2. CATASTRO, 1971. Inventario de recursos naturales de Nicaragua. Levantamiento de suelos de la región del Pacífico de Nicaragua. Descripción del suelo. Vol.I, p. 350-360
3. EISZNER, H. 1994. Base de datos experimentales. FAGRO - EPV. UNA Managua, 146 p.
4. EISZNER, H. y POHLAN, J. 1992. Struktur und Dynamik der Unkrautzönose unter dem Einfluss von Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIII, Ed. Ulmer, Stuttgart, p. 253-261
5. ESPINOZA GONZALEZ, J. M. y RIVAS VANEGAS, R. M. 1994. Efecto de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Cristalina y algodón (*Gossypium hirsutum*) cv. H-373. Tesis Ing. Agr., UNA Managua, 89 p.
6. FAO - UNESCO, 1974. Soil map of the world. Vol. 1. Legend. UNESCO Paris
7. HOLDRIDGE, L. 1960. Ecología basada en zonas de vida. Trad. del inglés por S.H. JIMENEZ. 1ra edición. San José, Costa Rica. Ed. IICA, 216 p.
8. MALESPIN CRUZ, D. de los A. y CASTILLO MUÑOZ, S. M. 1993. Efectos de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento en los cultivos soya (*Glycine max* (L.) Merr.) y ajonjolí (*Sesamun indicum* L.). Tesis Ing. Agr., UNA Managua, 74 p.
9. POHLAN, J. 1988. Probleme und Möglichkeiten einer effektiven Unkrautbekämpfung im tropischen Klimabereich. In: Zur Problematik der Unkrautbekämpfung in den Tropen. Inst. f. trop. Landwirtsch., Univ. Leipzig, p. 9-18
10. RIVERA CENTENO, A. J. 1994. Efecto de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Cristalina y ajonjolí (*Sesamun indicum*) cv. China roja. Tesis Ing. Agr., UNA Managua, 86 p.
11. SOLORZANO, N. 1989. Influencia de diferentes cultivos antecedentes y métodos de control de malezas sobre la cenosis, el crecimiento, desarrollo y rendimiento del algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) var. CEA H-373. Tesis Ing. Agr., ISCA Managua, 50 p.
12. USTIMENKO BAKUMOVSKI G.V. 1982. El cultivo de las plantas tropicales y subtropicales. Ed. Mir, Moscú, 432 p.