



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Módulo Agroecológico de rotación agrícola extensiva en un suelo vertisol de la provincia de Entre Ríos.

Rodriguez H^{1,3}., Enrique M¹., Rampoldi A^{2,3}. Oronel E⁴.

¹Agencia de Extensión Rural San Salvador - INTA

²Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay - INTA

³Universidad de Concepción del Uruguay

⁴Asesor privado

rodriguez.he@inta.gob.ar

Introducción

En el centro este de la provincia de Entre Ríos se estableció un sistema productivo agrícola basado en la producción de granos, asociado a rotaciones de corta duración. La participación de la ganadería en sistemas productivos mixtos es llevada adelante por un bajo número de productores. Realizar agricultura en condiciones de suelos con limitaciones físicas para el crecimiento de los cultivos como los vertisoles (Tasi y Bedendo, 2001), lleva a que los rendimientos alcanzados en condiciones de secano sean de 5205 kg ha⁻¹ de maíz y 2046 kg ha⁻¹ en soja para los departamentos Uruguay, Colon, Villaguay y San Salvador, respectivamente (SIBER 2022).

La presión ejercida sobre el sistema por el uso de un manejo simplificado basado solamente en la utilización productos de síntesis química, ha generado el aumento de malezas resistentes a herbicidas, pérdida de los niveles de materia orgánica. La incorporación de cultivos de servicio en la rotación es fundamental para reducir la presión de malezas (Rampoldi y Rodriguez, 2021) y contribuir a la fertilidad del suelo.

Realizar agricultura bajo un enfoque agroecológico, permite una producción de menor impacto ambiental que la realizada actualmente en forma convencional, la mayor dificultad para implementar este tipo de manejo en lotes agrícolas es el control de adversidades biológicas (enfermedades, plagas y malezas), principalmente durante el periodo de crecimiento del cultivo.

Esta dificultad en el control de malezas, implicaría una menor producción de granos, que puede ser compensada económicamente por una reducción en el uso de herbicidas, insecticidas y fertilizantes. Con el objetivo de evaluar la factibilidad de la implementación de una rotación agrícola con un manejo agroecológico bajo las condiciones ambientales de la zona centro este de Entre Ríos se instaló el módulo demostrativo en la localidad de San Salvador.



Metodología de trabajo

En un lote con un suelo vertisol (*Peluderte argiacuólico*) con antecesor soja en 2020 se establecieron dos tratamientos: agroecológico y convencional bajo una misma rotación agrícola con sus fases presentes simultáneamente (Trigo/Soja - Maíz - Soja). Lo cual generó seis parcelas de 28 m de ancho por 100 m de largo.

En los dos tratamientos, se incluye en la rotación una mezcla de cultivos de servicio con trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) 15 kg ha⁻¹ y vicia (*Vicia villosa*) 25 kg ha⁻¹ + como antecesor del maíz y trébol alejandrino 15 kg ha⁻¹ con vicia 25 kg ha⁻¹ y avena negra (*Avena strigosa*) 10 kg ha⁻¹ como antecesor de la soja. En el año de inicio las coberturas se sembraron en línea (4/07/2020) y, se decidió remplazar el cultivo de maíz de primera por soja. En el segundo año las coberturas se sembraron al voleo (27/5/2021). El manejo realizado en cada cultivo durante el segundo año se describe en las tablas 1.

El análisis de suelo en sitio del módulo muestra excelentes niveles de fertilidad asociado a la breve historia agrícola, 8 años de incorporación a agricultura, pH 6,5; %MO 4,0; % N total 0,195; P 16,2 ppm; K 233ppm.

Las variables analizadas en cada tratamiento fueron producción de biomasa de los cultivos de servicio en el momento de finalización de su crecimiento. Las muestras se recolectaron de una superficie de 0,25 m² y se llevaron a estufa a 60°C hasta peso constante.

La determinación del rendimiento se realizó mediante la cosecha de toda superficie con una cosechadora comercial, solamente se realizó muestreo para determinar el rendimiento en la situación de trigo agroecológico 2021. El rendimiento se corrigió a la humedad de recibo de correspondiente a cada cultivo.

Tabla 1. Manejo realizado en el segundo año en los cultivos de trigo, maíz y soja para los tratamientos convencional y agroecológico.

Trigo	Convencional	Agroecológico
Cosecha soja	11/5	11/5
Barbecho	5/7 (glifosato +2,4D)	5/7 Acondicionador
Siembra	8/7 variedad ACA 602	8/7 variedad ACA 602
Fertilización	80 kg ha DAP	80 kg ha DAP 140
Aplicación	13/10 (azoxistrobina+ciproconazole)	13/10 (azoxistrobina+ciproconazole)
Fertilización	140 kg ha urea	140 kg ha urea
Cosecha	1/12	1/12

Maíz	Convencional	Agroecológico
Siembra Cobertura	27/5	27/5
Control Cobertura	22/9 (glifosato + 2,4D + dicamba)	22/9 Rolado
Biomasa Cobertura	22/9 956 kg ha	5/11 4863 kg ha
Siembra	18/9 híbrido P2089	18/9 – 11/1 híbrido P2089
Aplicación	28/10 (Tembotrione-isoxadifen + glifosato + atrazina)	
Fertilización	266 kg ha urea	
Cosecha	15/3	15/6

Soja	Convencional	Agroecológico
Siembra cobertura	27/5	27/5
Control Cobertura	11/11 (glifosato +2,4D + dicamba)	
Biomasa Cobertura	11/11 6838 kg ha	11/11 6692 kg ha
Siembra	11/1 variedad ACA 5785	11/1 variedad ACA 5785
Aplicación	29/1 (s-metalocloro-fomesafen + glifosato + cletodim)	
Aplicación	20/3 (azoxistrobina+ciproconazole)	20/3 (azoxistrobina+ciproconazole)
Cosecha	21/6	21/6

Soja 2 ^{da}	Convencional	Agroecológico
Cosecha trigo	1/12	1/12
Aplicación	10/12 (sulfentrazone + glifosato + s-metolacloro + saflufenacil)	
Siembra soja	11/1 variedad ACA 5785	11/1 variedad ACA 5785
Aplicación	29/1 (s-metalocloro-fomesafen + glifosato + cletodim)	
Aplicación	20/3 (azoxistrobina+ciproconazole)	20/3 (azoxistrobina+ciproconazole)
Cosecha	21/6	21/6

Resultados

En el cultivo de trigo el rendimiento alcanzado no difirió del manejo agroecológico, dado que no requirió aplicación de herbicidas pre y post emergentes debido a la baja presión de malezas presentes durante la implantación. En el segundo año, el rendimiento en el manejo agroecológico fue de 1163 kg ha⁻¹, menor al alcanzado en convencional (Tabla 2). Dado que al momento de la siembra en el agroecológico se eliminaron las malezas presentes mediante la pasada de un acondicionador de campo que realizó un laboreo superficial. Esta reducción del rendimiento estuvo asociada a la presión de malezas posterior a la emergencia del trigo (Figura 1).



Figura 1. Estado del cultivo de Trigo convencional (izquierda) y agroecológico (derecha).

En el cultivo de maíz, se priorizó realizar el cultivo en una fecha de siembra de primera, la cual se logró el 18/9 para disminuir el perjuicio sobre la acumulación de biomasa del cultivo de servicio,

el control se efectuó luego de la siembra del maíz. Al momento de secado la cobertura presentaba una producción de biomasa de 956 kg ha^{-1} , dado que se encontraba en estado vegetativo temprano. Esto generó que en el tratamiento agroecológico el trébol alejandrino rebrotara rápidamente e impidiera el crecimiento de las plántulas de maíz, lo que obligó a realizar la una resiembra del cultivo en enero cuando se lograron condiciones de humedad para la siembra del mismo. En el caso del maíz convencional estuvo sujeto a condiciones de estrés hídrico hasta el inicio de llenado de granos (Figura 2), lo que permitió que el rendimiento del cultivo fuera 3700 kg ha^{-1} , a pesar del reducido crecimiento de las plantas.



Figura 2. Estado del cultivo de Maíz convencional (izquierda) y agroecológico (derecha).

En el maíz agroecológico, el atraso en la fecha de siembra del cultivo favoreció por un lado el mayor aporte de biomasa de la cobertura 4863 kg ha^{-1} y ubicó al cultivo de maíz en mejores condiciones de disponibilidad hídrica (Figura 2). Esta cobertura lograda permitió que el cultivo se mantuviera con una baja presión de malezas durante la etapa vegetativa, alcanzando un rendimiento de 5281 kg ha^{-1} (tabla 2).

En soja, no se logró realizar la siembra en fecha óptima debido a la escasa humedad para la siembra y luego del periodo de lluvias que permitió la recuperación de la humedad en el suelo para la siembra la cual ocurrió el 11 de enero. Esto generó a que transcurriera un periodo prolongado desde la cosecha de trigo o desde la finalización del cultivo de servicio hasta la siembra, favoreciendo la emergencia de malezas a partir del estado fenológico de V3 del cultivo. Esto llevó a que el rendimiento el cultivo de servicio fuera de 1601 kg ha^{-1} en convencional y 778 kg ha^{-1} en agroecológico, respectivamente. Sobre el antecesor trigo el cultivo de soja quedó completamente competido por las malezas y en el convencional el rendimiento alcanzado fue de 903 kg ha^{-1} , asociado a la presencia de yuyo colorado y capines que sobrevivieron a los controles realizados.



Figura 3. Estado del cultivo de soja convencional (izquierda) y agroecológico (derecha).

En cuanto al análisis económico de los dos años de evaluación de las rotaciones se puede apreciar que bajo el sistema convencional el costo total para realizar la producción requirió un 37% más de inversión con respecto al manejo agroecológico (Tabla 2) Sin embargo, el margen bruto acumulado obtenido en estos dos años fue un 15% superior al manejo agroecológico logrando un margen bruto acumulado de 115.826 \$ ha⁻¹.

Tabla 2. Comparación del costo y margen bruto en cada cultivo durante los 2 años de evaluación para el manejo Convencional y Agroecológico.

	Convencional			Agroecológico		
	Rendimiento kg ha ⁻¹	Costo total \$ ha ⁻¹	Margen Bruto \$ ha ⁻¹	Rendimiento kg ha ⁻¹	Costo total \$ ha ⁻¹	Margen Bruto \$ ha ⁻¹
Trigo 2020	3500	30922	42445	3500	30922	42445
Soja 2020	1616	41828	10450	1060	35475	-1185
Soja 2° 2020	1265	30736	10187	1111	23531	12470
Trigo 2021	4024	44672	37167	1163	41392	-13015
Maíz 2021	3741	102677	12123	5281	71712	89992
Soja 2021	1601	71799	7242	778	55334	-16924
Soja 2° 2021	903	48369	-3788	0	12928	-12928
Acumulado		371001	115826		271293	100855

Reflexiones y conclusiones

Durante los dos años de evaluación las condiciones climáticas no fueron favorables para el desarrollo de los cultivos, principalmente los estivales, por lo que mejoras en la disponibilidad hídrica podrían permitir una mayor capacidad de competencia de los cultivos con respecto a las malezas.

La inclusión de los cultivos de servicio en el sistema convencional como en el agroecológico lograron retrasar la aparición de malezas dentro del cultivo en las situaciones donde lograron



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

generar buena acumulación de biomasa reduciendo la necesidad de realizar aplicaciones herbicidas o prácticas culturales.

Estos resultados son preliminares, dado que con la implementación de la rotación en el tiempo debería modificar la evolución del banco de malezas, plagas y enfermedades afectando el resultado productivo y económico.

Agradecimiento: A Estancia Arroyo Grande, por permitir y acompañar la realización de la experiencia.

Bibliografía

Rampoldi, A; Rodriguez, H. 2021. Evaluación de malezas en sistemas de rotaciones de arroz y cultivos de cobertura. Congreso argentino de malezas, Argentina: asociación argentina de ciencia de las malezas. 2021.

SIBER (Sistema de Información de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos). 2022. Bolsa de Cereales de Entre Ríos. www.bolsaCER.com.ar.

Tasi, H; Bedendo, D. 2001. Aptitud agrícola de las tierras de la provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. INTA Serie Extensión N° 19. 10 p.