



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Trabajo de Tesis Doctoral
Ciencias Agrarias

MANEJO DE MALEZAS EN LINO. EVALUACION DE LA
COMPETENCIA CULTIVO-MALEZA CON UN ENFOQUE
AGROECOLOGICO

Ing. Agr. Griselda Estela Sánchez Vallduví

DIRECTOR
Ing. Agr. Santiago Javier Sarandón
CO-DIRECTOR
PhD: Jerry Doll

7 de Diciembre de 2012

**Trabajo de Tesis Doctoral
Ciencias Agrarias**

**MANEJO DE MALEZAS EN LINO. EVALUACION DE LA
COMPETENCIA CULTIVO-MALEZA CON UN ENFOQUE
AGROECOLOGICO**

Ing. Agr. Griselda Estela Sánchez Vallduví

**DIRECTOR
Ing. Agr. Santiago Javier Sarandón
CO-DIRECTOR
PhD: Jerry Doll**

**Jurados de Tesis
Ing. Agr. Dr. Eduardo S. Leguizamón
Ing. Agr. Ph.D. Héctor Milisich
Ing. Agr. Dr. Eduardo C. Puriccelli**

7 de Diciembre de 2012

**A mi esposo Roberto
A mis hijos Juan, Carla, Marco y Amparo**

“Que el árbol no te impida ver el bosque”

“I can not see the forest for the trees”

AGRADECIMIENTOS

Gracias a quienes me enseñaron a ver el bosque

Al escribir este apartado de agradecimientos, me di cuenta que son muchas las personas y muchos los motivos para agradecer. Considero que la elaboración de una tesis doctoral, es parte de la carrera como profesional, pero en primer lugar es parte de la vida laboral y por inclusión es parte de la vida misma. Por esto quiero agradecer a todos los que han hecho algo para mi formación como persona, como profesional y desde mi lugar de trabajo como docente e investigadora.

A todos quienes de alguna manera me acompañaron, estimularon y ayudaron en este transcurso de mi vida, de mi carrera.

Al Ing. Agr. Santiago Sarandón, por ser mi Director de tesis, quién me acompañó, incentivó, alentó, estimuló, generó un permanente espíritu crítico. Porque colaboró en la ampliación y enriquecimiento de mi formación personal y profesional. A través su aporte, la lectura crítica y horas de trabajo conjunto, de intercambio de ideas y opiniones, me dio elementos y herramientas para visualizar y estudiar la problemática de las malezas desde un enfoque agroecológico. Exigente, respetuoso, paciente, entusiasta. Gracias Santiago.

Al Ing. Agr. Javier Vitta, quién pudo ser mi co-director durante un corto período hasta que su vida en esta tierra se interrumpió abruptamente a causa de un accidente. Durante ese tiempo me acompañó en la elaboración del proyecto y en el inicio del trabajo de tesis. Colaboró en mi formación en la ciencia de las malezas con una visión agroecológica y me dejó un ejemplo para el trabajo con su serenidad, tiempo para pensar y mirar la integridad en forma simple (desde la simplicidad). Gracias Javier.

Al PhD. Jerry Doll, desde que lo conocí como docente en un Curso de postgrado y luego distanciados muchos km me entusiasmó, alentó y colaboró en mi formación con una visión holística de la problemática de las malezas. Con su ejemplo y su palabra, fue mi maestro no solamente en lo que hace a lo intelectual sino a los valores éticos como persona y profesional. Gracias Jerry.

A la Institución, la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, que me dio la posibilidad de realizar la tesis. Algunas veces con el apoyo económico para la

realización de cursos y muchas con la factibilidad de realizar las diversas actividades necesarias para el desarrollo de la tesis.

A al personal de la Estación Experimental Julio Hirschhorn de esta Facultad por la colaboración en la realización de los trabajos de campo de esta tesis.

A mis compañeros de trabajo quienes varias veces tuvieron que reemplazarme en actividades cotidianas para que yo pudiera avanzar en la tareas relacionadas con la tesis. Especialmente a la Ing. Agr. Nora Tamango con quien éramos compañeras de comisión de trabajos prácticos cuando realicé los Cursos y me apoyó con su tiempo y aliento en esta última etapa de elaboración de la tesis. Gracias compañeros, gracias Nora.

A mis compañeros de ideales, horas compartidas, trabajo realizado y por realizar. Gracias por acompañarme, alentarme e incentivarme para que continuara trabajando en la realización de esta tesis. De distintas maneras, cada uno con su particularidad, su palabra, su pregunta, su silencio, su respeto, su entendimiento, su reemplazo en alguna tarea, han sido un gran empuje y compañía en esta última etapa de la realización de mi tesis. Gracias Esteban, Laura, Ramón, Nora, Claudia, Gaby, Mariano, Lorenza, Lolo, Matías.

A todos aquellos que colaboraron y me ayudaron en tareas de campo y laboratorio. A Eduardo Alvarez Arias, Mauro Battagliese y María de las Mercedes Borrás, hoy Ings. Agrs., quienes siendo alumnos de su carrera y durante la realización de pasantías de investigación cooperaron con mi trabajo de tesis. A la Sra. Mirta Castagno, no docente del Curso de Cerealicultura, quien me enseñó, me acompañó, me ayudó y me tuvo mucha paciencia para la realización de las tareas de laboratorio. Al Sr. Antonio Iacovelli, no docente del Curso de Cultivos Industriales, quién me ayudó en numerosas y duras tareas de campo. Gracias a Antonio, Eduardo, Mauro, Mercedes y Mirta.

A mis amigas, en especial a Mimi Bustamante, Mercedes Taladriz, Claudia Flores y Paty Gil Adamo, quienes alejadas de la actividad (salvo Claudia) me ayudaron y acompañaron durante todos estos años tanto en aspectos prácticos tal como el cuidado de mis hijos (que eran pequeños cuando comencé) para que yo pudiera asistir a algún Curso o para realizar alguna de las tareas que necesitara. Otras muchas veces alentando y animándome a la continuidad de las mismas y siempre demostrándome que tengo alguien en quién confiar. Gracias Mimi, Merce, Clau y Paty.

A mi familia, entre ellos mi suegro Cacho, quien leyó el proyecto y me dio su valiosa opinión desde el lugar de un lector alejado de mi profesión, pero con mucho criterio y sencillez. Fue para mí un ejemplo de honradez. Gracias familia, gracias Cacho.

A mi papá y mi mamá quienes me entusiasmaron, alentaron, acompañaron sin dudar un segundo para que pudiera continuar, avanzar y llegar. Ellos son y serán mi guía. Siempre confiaron en mí. Gracias. Gracias. Infinitas Gracias viejitos míos.

A quienes fueron y son el sostén de mi vida. A mi esposo Roberto, y mis hijos Juan

Francisco, Carla, Marco y Amparo. Ellos me ayudaron tanto en numerosas tareas de orden práctica como recolectar muestras del campo, su procesamiento, en el armado de archivos y otras muchas más. Pero principalmente me acompañaron, alentaron y toleraron buenos y malos ratos. Sin ellos a mi lado no hubiera podido llegar. Gracias Rober, Juanchi, Carli, Marquito y Amparito.

INDICE

1. Índice de tablas y figuras..... 1

2. Resumen..... 8

3. Abstract..... 11

4. Introducción..... 14

5. Capítulo I: Análisis de la problemática de las malezas desde un enfoque agroecológico. Estrategias de manejo de las malezas en el cultivo de lino..... 23

6. Capítulo II: Efecto de diferentes patrones de siembra del cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) sobre *Brassica* sp. Como estrategia para un manejo sustentable de malezas..... 45

7. Capítulo III: Cambios en la competencia lino-*Brassica*. Efecto del aumento de la densidad de siembra del lino y la siembra en intercultivo con trébol rojo sobre la capacidad competitiva del cultivo..... 64

8. Capítulo IV: Aporte a la sustentabilidad ecológica de sistemas de manejo de malezas en el cultivo de lino oleaginoso101

9. Anexo:

Posibles líneas para futuras investigaciones.....164

Sánchez Vallduví GE y S Schalamuk y SJ Sarandón. (2007). Effect of different sowing patterns of oil linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop on *Brassica* sp. a strategy for sustainable weed management. *Biological Agriculture & Horticulture*. V 25: 123-131. Con referato. ISSN 0144-8765.

Sánchez Vallduví GE y SJ Sarandón. (2011). Effects of changes in flax (*Linum usitatissimum* L.) density and interseeding with red clover (*Trifolium pratense* L.) on the competitive ability of flax against *Brassica* weed. *Journal of Sustainable Agriculture*. 35 (8): 914-926

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS**Tablas:**

Tabla 2.1: Desarrollo ontogénico del cultivo de lino expresado en días después de la siembra (DDS). La Plata, Argentina. 1999.

Tabla 2.2: Rendimiento en semilla (Rend), Biomasa aérea total (Biom), Índice de cosecha (IC), plantas m^{-2} (PI), peso de mil semillas (PMS), semillas m^{-2} (Sem), rendimiento en materia grasa (peso MG) y altura de planta de lino sembrado a dos densidades, dos arreglos espaciales y con la presencia o la ausencia de maleza (*Brassica*). La Plata, 1999.

Tabla 2.3: Nitrógeno acumulado en semilla (Nsem), total (Ntotal), porcentaje de nitrógeno en planta entera (%N en planta) y eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) e índice de cosecha de N (ICN) de lino sembrado a dos densidades, dos arreglos espaciales (*Brassica*). La Plata 1999.

Tabla 2.4: producción de semillas (peso sem), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biom total), índice de cosecha (IC), número de semillas por m^2 (Sem m^2) y peso de mil semillas (PMS) de *Brassica* cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra y dos arreglos espaciales. La Plata 1999.

Tabla 2.5: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de la maleza ante distinta densidad de siembra de lino y a dos arreglos espaciales. La Plata, 1999.

Tabla 2.5: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de la maleza ante distinta densidad de siembra de lino y a dos arreglos espaciales. La Plata, 1999.

Tabla 3.1: Datos analíticos del horizonte superficial de los lotes de ensayos. La Plata, 2002 y 2003.

Tabla 3.2: Desarrollo ontogénico del cultivo de lino expresado en días después de la siembra (DDS). La Plata, 2002 y 2003.

Tabla 3.3: El impacto de malezas, densidad de siembra, y cultivo acompañante sobre la biomasa, el índice de área foliar (IAF), cobertura relativa del lino (CRL), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en el estado de 20 cm de altura del lino, bajo dos situaciones de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tabla 3.4: Índice de área foliar (IAF), cobertura relativa del lino (CRL), altura de planta

(altura) y número de hojas por planta en el estado de 20 cm de altura del lino, bajo dos situaciones de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 3.5: Biomasa, índice de área foliar (IAF), cobertura relativa del lino (CRL), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en primeros botones florales visibles del lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 3.6: Índice de área foliar (IAF), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en fin de floración del lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 3.7: Porcentaje de nitrógeno (%N) y nitrógeno acumulado (N) del lino a 20 cm de altura con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002 y 2003.

Tabla 3.8: Rendimiento (Rend), biomasa aérea total (Biom), índice de cosecha (IC), plantas m^{-2} (pl), peso de mil semillas (PMS), semillas m^{-2} (Sem) y altura de planta de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tabla 3.9: Rendimiento (Rend), biomasa aérea total (Biom), índice de cosecha (IC), plantas m^{-2} (pl), peso de mil semillas (PMS), semillas m^{-2} (sem) y altura de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 3.10: Nitrógeno acumulado en semilla (Nsem), total (Ntotal), porcentaje de nitrógeno en planta entera (%N en planta) y eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tabla 3.11: Nitrógeno acumulado en semilla (Nsem), total (Ntotal), porcentaje de nitrógeno en planta entera (%N en planta) y eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 3.12: El impacto de malezas, densidad de siembra, y cultivo acompañante sobre el rendimiento relativo de lino para semilla (RyL sem) y biomasa (RyL biom) y rendimiento relativo de maleza para semilla (RyM sem) y biomasa (RyM biom), a densidad normal y alta de lino y con presencia de maleza o con maleza + trébol rojo. La Plata, 2002 y 2003.

Tabla 3.13: biomasa (Biom), cobertura relativa de maleza (CRM) y N en biomasa (N) en

roseta, producción de semillas (peso semilla), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biomasa total), componentes del rendimiento e índice de cosecha (IC) de maleza en su monocultura. La Plata, 2002 y 2003.

Tabla 3.14: Biomasa (Biom), cobertura relativa de maleza (CRM) y N en biomasa (N) en roseta, producción de semillas (peso de semilla), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biomasa total), peso de mil semillas (PMS), semillas por m² (Sem. x1000) e índice de cosecha (IC) de maleza cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra del cultivo, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tabla 3.15: Biomasa aérea de maleza en 10 cm de altura (Biom 10 cm), 20 cm de altura (Biom 20 cm), primeros botones florales visibles (Biom PBV) y fin de floración (Biom FF) del lino, cobertura relativa de maleza en 20 cm de altura (CRM 20 cm) y primeros botones florales visibles del lino (CRM PBV) y nitrógeno acumulado en la biomasa a 20 cm del lino (N) cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003

Tabla 3.16: Producción de semillas (peso sem), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biom total), peso de mil semillas (PMS), semillas por m² (Sem. x1000) e índice de cosecha (IC) de maleza cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra del cultivo, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 3.17: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de maleza, sembrado con lino a dos densidades, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tabla 3.18: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de maleza, sembrada con lino a dos densidades, con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tabla 4.1: Energía asociada a los insumos y consumo de combustible para la preparación del suelo, siembra y cosecha de lino. Datos bibliográficos (el número entre paréntesis de cada insumo corresponde al autor citado).

Tabla 4.2: Escala de indicadores utilizados para la evaluación de la capacidad productiva del agroecosistema de diferentes sistemas de manejo de malezas en lino. La Plata. Argentina.

Tabla 4.3: Escala de indicadores utilizados para la evaluación del impacto ambiental externo de diferentes sistemas de manejo de malezas en lino. La Plata. Argentina.

Tabla 4.4: Residuo de cosecha (residuo), biomasa aérea total (BAT), porcentaje de biomasa restituida al suelo (% residuo) y balance de N para un cultivo de lino sembrado en línea o al

voleo y/o con la presencia (sin herbicida) o la ausencia de maleza (con herbicida). La Plata 1999.

Tabla 4.5: Eficiencia energética (sin considerar la reposición de N) para un cultivo de lino sembrado a densidad normal o alta, en presencia (sin herbicida) o ausencia de maleza (con herbicida) y sembrado en surcos o al voleo. La Plata 1999.

Tabla 4.6: Eficiencia energética teniendo en cuenta la reposición de N para un cultivo de lino sembrado a densidad normal o alta, en presencia (sin herbicida) o ausencia de maleza (con herbicida) y sembrado en surcos o al voleo. La Plata 1999.

Tabla 4.7: Indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino sembrado a densidad normal o alta, con la presencia (sin herbicida) o la ausencia de maleza (con herbicida) y la siembra en surco o al voleo. La Plata 1999. Escala de estandarización de 0 a 3 (ver tablas 4.2 y 4.3).

Tabla 4.8: Balance de nitrógeno para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Tabla 4.9: Cobertura relativa del suelo (CRT), residuo de cosecha (residuo), biomasa aérea total (BAT) y porcentaje de biomasa restituida al suelo (% residuo) para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Tabla 4.10: Eficiencia energética sin considerar la reposición de N para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Tabla 4.11: Eficiencia energética teniendo en cuenta la reposición de N para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Tabla 4.12: Indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, con y sin herbicida y dos densidades de siembra (normal o alta). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003. Escala de estandarización de 0 a 3 (ver tablas 4.2 y 4.3).

Figuras:

Figura 1.1: Evolución de la superficie de soja sembrada en la Argentina. 1988/89-2009/10. Datos tomados de MAGPyA, www.sagpya.mecom.gov.ar

Figura 1.2: Evolución de la superficie de lino sembrada en la Argentina. 1988/89-2009/10. Datos tomados de MAGPyA, www.sagpya.mecom.gov.ar

Figura 1.3: Acumulación de la materia seca y partición por órganos en el cultivo de lino. 1995. La Plata, Argentina. (Sánchez Vallduví & Flores, 2007).

Figura 1.4: Características de una planta de lino en distintos estados de desarrollo. Adaptado de Tourner, 1987.

Figura 1.5: Cultivo de lino en distintos estados de desarrollo. a) Vegetativo b) Primeros botones florales visibles c) Floración d) Fructificación.

Figura 2.1: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo de lino 1999, temperaturas históricas (1969-2008) y precipitaciones históricas (1964-2008). La Plata.

Figura 2.2: Porcentaje de materia grasa en la semilla de lino sembrado en surcos o al voleo y con la presencia o no de malezas. La Plata, 1999.

Figura 2.3: Rendimiento relativo para biomasa de lino a dos densidades de siembra y en siembra en surco o al voleo. La Plata, 1999.

Figura 3.1: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo de lino 2002, temperaturas históricas (1969-2008) y precipitaciones históricas (1964-2008). La Plata.

Figura 3.2: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo de lino 2003, temperaturas históricas (1969-2008) y precipitaciones históricas (1964-2008). La Plata.

Figura 3.3: Biomasa aérea de lino a 20 cm de altura sembrado a dos densidades, con la presencia o no de maleza. La Plata, 2003.

Figura 3.4: Índice de cosecha de N (ICN) del cultivo de lino sembrado a dos densidades, con y sin la presencia trébol. La Plata, 2003.

Figura 3.5: Índice de agresividad (AGR) del lino vs. maleza para semilla y biomasa. (a) a dos densidades de siembra. (b) con y sin trébol rojo. La Plata, 2003.

Figura 3.6: Índice de agresividad del (AGR) lino vs. maleza para N acumulado en la semilla del lino sembrado a dos densidades y con o sin la presencia del trébol rojo. La Plata, 2003.

Figura 3.7: Índice de agresividad del (AGR) lino vs. maleza para biomasa al estado de 20 cm de altura, sembrado a dos densidades, con o sin la presencia del trébol rojo. La Plata, 2003.

Figura 4.1: Representación gráfica de indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino con control de malezas con herbicida o sin herbicida a) densidad normal y b) densidad alta (datos promedio de la siembra en surcos y al voleo). La Plata. 1999.

Figura 4.2: Composición de los aportes de energía fósil en relación al total de los ingresos directos incorporados al sistema en un monocultivo de lino con (a) y sin (b) control de malezas con herbicida (promedio de dos densidades de siembra). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Figura 4.3: Composición de los aportes de energía fósil en relación al total de los ingresos directos incorporados al sistema en un cultivo de lino intersembrado con trébol rojo con (a) y sin (b) control de malezas con herbicida (promedio de dos densidades de siembra). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Figura 4.4: Representación gráfica de indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino sembrado en monocultura o en intercultivo con trébol rojo a) con control de malezas con herbicida, b) sin control de malezas con herbicida (promedio de dos densidades de siembra). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

RESUMEN

Una agricultura sustentable requiere que las prácticas de manejo de las malezas permitan la conservación de los recursos productivos y minimicen el impacto ambiental externo. Para ello es necesario buscar estrategias alternativas a los métodos tradicionales de control, y contar con elementos de juicio para decidir por aquellas que signifiquen un mayor aporte a la sustentabilidad del agroecosistema. El cultivo de lino es una alternativa a ser considerada para la planificación de los sistemas de la Región Pampeana Argentina. Se caracteriza por su baja capacidad competitiva y de acotadas posibilidades de control luego de la siembra.

Se consideró que la diversificación puede ser una herramienta que favorece el aumento, la restauración de la biodiversidad y, consecuentemente, disminuye la fragilidad ecológica y la creciente dependencia de insumos externos de los sistemas productivos. La inclusión del cultivo de lino en el sistema de rotaciones de la Región Pampeana Argentina una opción viable para favorecer la diversificación.

Los objetivos generales de esta tesis fueron analizar los cambios en la competencia entre el lino y las malezas bajo distintas condiciones de manejo del cultivo y evaluar el aporte a la dimensión ecológica de la sustentabilidad del manejo de malezas a través de distintos patrones de siembra de lino y su siembra junto con un cultivo acompañante.

En esta tesis, se realizó la evaluación de estrategias de manejo de malezas en el cultivo de lino con un enfoque agroecológico, a través del cual se tuvieron en cuenta las relaciones entre los integrantes del sistema y se balanceó la necesidad de controlar las malezas con los requerimientos para un modelo de producción más sustentable. Este estudio se enmarcó en un contexto en el cual se considera la idea imprescindible de rever el modelo productivo cortoplacista y productivista, y cambiar la visión hacia un modelo sustentable en el largo plazo; ecológicamente adecuado, económicamente viable y socialmente justo. Teniendo en cuenta que el cultivo de lino es muy mal competidor y, en pos de buscar alternativas al casi exclusivo control de las malezas a través de herbicidas, se realizó la evaluación de distintos sistemas de manejo del cultivo de lino con la finalidad de mejorar la capacidad competitiva del sistema cultivado y, consecuentemente, su capacidad supresiva sobre las malezas.

Se llevaron a cabo dos ensayos en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata (34° 52' LS, altura snm 15 m). En 1999 se evaluó el efecto de la densidad de siembra y el arreglo espacial del cultivo de lino sobre su capacidad competitiva y su relación con el rendimiento, la acumulación de biomasa y nitrógeno. Se testearon dos densidades de siembra (normal y alta) y dos arreglos espaciales (en surco o al voleo) de lino, ambos con la presencia o ausencia de malezas

(*Brassica napus* ssp *oleifera* forma *annua* como simulador de malezas). En los años 2002 y 2003 se evaluó la acumulación de biomasa, el rendimiento y la acumulación de N del lino en competencia con *Brassica* bajo distinta densidad del cultivo y ante la presencia de *Trifolium pratense* L. como cultivo acompañante. A su vez, se evaluó el efecto del aumento en la densidad de siembra del lino y de la inclusión de *Trifolium pratense* L. como cultivo acompañante sobre la habilidad competitiva del cultivo de lino en competencia con *Brassica* y su efecto sobre la producción de semillas y acumulación de nitrógeno de la maleza.

Se desarrollaron indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de manejo de malezas en lino ensayados y se utilizaron los indicadores desarrollados para realizar un análisis comparativo del aporte de la dimensión ecológica a la sustentabilidad del agroecosistema de los distintos sistemas evaluados.

Se eligieron indicadores sencillos, fáciles de obtener y que permitieran comparar los sistemas planteados. Se confeccionaron indicadores para evaluar el impacto de las estrategias de manejo de malezas sobre la capacidad productiva del agroecosistema. Para eso se analizó la diversidad vegetal (cantidad y tipo de especies que formaban parte del sistema cultivado), la producción de materia seca aportada al suelo o residuo remanente (suma de la biomasa aérea vegetativa de los componentes del sistema), el porcentaje de cobertura (vegetal) del suelo, el porcentaje de residuo remanente (proporción de la materia seca restituida al suelo sobre el total de la producida) y el balance de N (diferencia entre el ingreso y egreso de N al sistema). También se evaluó el impacto ambiental externo al agroecosistema a través de la eficiencia energética (energía cosechada en semilla de lino/ingresada en MJ/ha) y la producción de biomasa como indicador de captura de carbono (suma de la biomasa de los distintos componentes). Los indicadores se estandarizaron, se realizó la ponderación de los mismos de acuerdo a su importancia relativa y se sintetizaron en un indicador de sustentabilidad agroecológica.

Cuando el lino se sembró a alta densidad se mejoró la captura de recursos por parte del cultivo lo que no ocurrió cuando este se sembró al voleo. Por otra parte, el aumento de la densidad de siembra del cultivo de lino y su siembra en intercultivo con trébol rojo favorecieron la captura de los recursos por parte del sistema por lo que constituyen alternativas para un manejo sustentable de las malezas, ya que, mejoraron la capacidad competitiva con las malezas. Consecuentemente hubo menor disponibilidad de recursos para las mismas, lo que implicó menor capacidad reproductiva, menor producción de semillas disponibles para el banco, significando un aporte para el manejo a largo plazo de las malezas.

La intersembrado del trébol rojo junto al lino constituyó una estrategia de manejo más adecuada y representó un manejo más sustentable para la dimensión ecológica que el control con herbicida, tanto por realizar una mejor conservación de la capacidad productiva

del agroecosistema como por ejercer un menor impacto sobre el ambiente externo al agroecosistema.

La presencia de malezas en los sistemas de cultivo del lino determinó disminución del rendimiento del lino entre 15 y 30 % variando entre año y manejo de malezas utilizado. La sola aplicación de las prácticas evaluadas no significó una merma en la competencia tan importante como para igualar el rendimiento a los sistemas en los cuales se manejan las malezas con herbicidas. Sin embargo, desde un análisis global, el incremento de la densidad del lino o el intercultivo con trébol rojo, son alternativas de manejo de malezas que contribuyen a la sustentabilidad del agroecosistema y reducen el impacto hacia el medio externo.

Se reconocieron y valoraron los servicios que brinda el agroecosistema a la humanidad. Se evaluaron sistemas de cultivo de lino como prácticas alternativas de manejo de las malezas teniendo en cuenta el impacto que tienen sobre el agroecosistema. A través del desarrollo de este trabajo se destacó la necesidad de valorar los aspectos ecológicos tanto como los productivos y socioculturales. Se concluyó que la conservación del recurso suelo y la biodiversidad estarán comprometidos a lo largo del tiempo si se continúa con la siembra del lino en monocultura y el control de las malezas exclusivamente con herbicidas.

ABSTRACT:

Sustainable agriculture includes weed management practices that allow natural resource conservation and minimize environmental impact. Alternative strategies to our traditional control methods and valid evidences to decide which are the best alternatives contributing to the sustainability of agroecosystems are required. Growing flax should be considered when planning alternative production systems in the Pampas of Argentina. It shows low competitiveness and limited possibilities of weed control after planting.

Diversification may be a tool to raise and restore biodiversity and consequently, to reduce the ecological fragility and the increasing dependence on the external inputs of the production systems. The inclusion of flax in the rotation system of the Argentina Pampas is a viable option to promote diversification.

The overall objectives of this thesis were to analyse changes in competition between flax and weeds under different crop management practices and to evaluate the contribution of sowing flax in different planting patterns with or without a companion crop for a sustainable weed management.

This thesis is concerned with weed management strategies in flax with an agroecological approach, considering the relationships between the components of the system and the needs of a well-balanced weed control for the requirements of a more sustainable production model. Our study is carried out within a context in which the fundamental idea is to analyse the short term production model, and change the way we think about agriculture towards a model that is sustainable in the long run, that is, ecologically appropriate, economically viable and socially fair. Since flax is a very poor competitor and in order to find alternatives to the almost exclusive weed control using herbicides, different systems of flax management were evaluated in order to improve competitiveness of the cultivated system increasing its suppressive ability against weeds.

Two experiments were conducted at the Experimental Station Julio Hirschhorn (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata 34 ° 52 'S, above sea level 15 m). In 1999, the effects of flax planting density and spatial arrangement on its competitiveness with weeds and the relationship of weeds with flax yield and biomass and nitrogen accumulation were studied. Treatments included two flax seeding rates (normal and high) and two spatial arrangements (in rows or broadcast), either with the presence or absence of weeds (*Brassica napus* ssp *oleifera* form *annua* was used to simulate weeds). In 2002 and 2003, biomass and nitrogen accumulation and flax yield in competition with *Brassica* crop in different densities and in the presence of *Trifolium pratense* L. as a companion crop were assessed. In turn, we evaluated the effects of a higher flax seed rate and the inclusion of *Trifolium pratense* L. as a companion crop on crop competitive ability

with *Brassica* flax competition and its effect on seed production and nitrogen accumulation in weeds.

Sustainability indicators were developed to evaluate weed management systems in the flax trials and these indicators were used for a comparative analysis of the contribution to the ecological dimension of agroecosystem sustainability of the different systems evaluated.

The chosen Indicators were simple and easy to obtain favouring a comparison of the proposed system. Indicators to assess the impact of weed management strategies on the production capacity of the agroecosystem were gathered.

We analysed plant diversity (number and type of species that were part of the cultivated system), dry matter production contributing to the ground or remaining as residue (sum of the vegetative biomass system components), soil covering percentage, remaining residue percentage (dry matter proportion returned to the ground on the total output) and N balance (difference between N entering and leaving the system).

We also evaluated the environmental impact external to the agroecosystem through the use of energy efficiency (energy harvested in flax seed/energy lost in MJ/ha) and biomass production as an indicator of carbon capture (biomass sum of different components). The indicators were standardized and then weighted according to their relative importance and then summarized in an agroecological sustainability index.

Crop resource capture was improved by increasing density but not by broadcasting flax seed. On the other hand, increasing the seeding density and intercropping red clover with flax improved the capture of resources by the system. These practices are therefore alternatives to herbicides in order to achieve a sustainable weed management. These systems capture more resources and enhance crop competitiveness with weeds. Consequently there were less resources to the weeds which meant less weed reproductive capacity and fewer seeds available to the seed bank. That fact contributes to a more successful long-term management of weeds.

Intercropping red clover with flax is the most appropriate management strategy and it represents a more sustainable ecological approach than using herbicides, because it preserves the productive capacity of the agroecosystem and exerts minimal environment impact beyond the agroecosystem.

The presence of weeds in flax cultivation systems caused a 15 to 30% flax yield loss varying according to the year and crop management used. The use of alternative systems failed to reduce competition as effectively as herbicides, however, from a global analysis

increasing of flax density or the intercropping with red clover, are weed management alternatives that contribute to agroecosystem sustainability and have a reduced environmental impact.

The services provided to humanity by agroecosystem were widely recognized. Flax cropping systems were evaluated as alternative practices for weed management taking the impact these practices have on the agroecosystem. In the development of this work, the need of assessing the environmental as well as the productive and socio-cultural aspects on the agroecosystem were highlighted. It was concluded that the conservation of soil resources and plant diversity will be threatened if we sow flax as a monoculture and if we control weed only with herbicides.

MANEJO DE MALEZAS EN LINO. EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA CULTIVO-MALEZA CON UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO

INTRODUCCION

Entendiendo al *desarrollo sustentable* como *aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras* (WCED, 1987), surge claramente la necesidad de compatibilizar la productividad de los sistemas agrícolas con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. En este contexto, se está tomando conciencia del impacto que pueden tener las prácticas agrícolas sobre los agroecosistemas, lo que lleva hacia un replanteo del modelo agrícola vigente hacia uno más sustentable (Zimdahl, 1991; Wyse, 1994, Derksen et al., 1994, Blackshaw, et al., 2005).

En la Región Pampeana Argentina está ocurriendo un proceso de agriculturización, el cual está protagonizado por el avance indiscriminado de la soja, cultivo que cubría sólo 37.700 ha en el año 1970 y alcanzó a más de 18.300.000 ha en la campaña 2009/10 (MAGyP, 2011). De este proceso es esperable como resultado la disminución en la biodiversidad de los agroecosistemas y, consecuentemente, una mayor fragilidad ecológica y dependencia de insumos externos (UNEP, 1996; *Stoate* et al., 2001; FAO-AGLL Portal: Soil Biodiversity, 2002; van Wenum et al., 2004; Brusaard et al., 2007; Makowski et al., 2007, de la Fuente & Suárez, 2008; Oesterheld, 2008; Prober & Smith, 2009). Como resultado de esta simplificación e intensificación de la agricultura, han surgido numerosos problemas, entre los que están aquellos relacionados con las malezas y su control (Marshall, 2003). Se presenta así, un claro peligro para el equilibrio de los sistemas de producción, por lo que resulta necesario un análisis crítico del proceso de agriculturización de los sistemas naturales de la Región Pampeana Argentina y un replanteo de los actuales modos de producción en pos de una mayor sustentabilidad.

El impacto que tienen las malezas sobre el rendimiento y la calidad de los productos, hace que esta temática sea de permanente preocupación (Acciaresi & Sarandón, 2002; Khanh et al. 2005). El manejo de las malezas, tradicionalmente se ha hecho con la idea de tener cultivos libres de competencia de malezas, lo cual se viene realizando con el control casi exclusivamente con herbicidas. No obstante esto, las malezas siguen siendo un problema y además se han sumado la aparición de biotipos resistentes a herbicidas (Vitta et al., 2004; Papa et al., 2002, Llewellyn et al., 2004; Beckie & Reboud, 2009) y otros inconvenientes asociados a la salud humana y ambiental (Buhler, 1996; Ghera et al., 2000, Guglielmini et al., 2007). Ante esta realidad, es necesario desarrollar métodos de manejo de

malezas orientados a disminuir el costo económico y ambiental (Liebman & Dyck, 1993; Bhowmik, 1997; Buhler, 1996, 1999).

La planificación de rotaciones y el aumento en el número de especies cultivadas constituyen herramientas que favorecen la diversificación, y a su vez, es una estrategia a tener en cuenta para un manejo integrado de las malezas (Aldrich & Kremer, 1997; Liebman & Davis, 2000, Bellinder et al. 2004; Holman et al. 2004; Ramsdale et al. 2006). El lino es una especie de ciclo invernal, una alternativa emergente para la diversificación (Dordas, 2011), que puede ser incorporada en los sistemas de producción de la Región Pampeana. Históricamente, la Argentina fue un país linero, pero la superficie sembrada con éste cultivo disminuyó en más del 90 % a partir de la década del 90'. Actualmente hay interés por parte de varios sectores en promover su cultivo (Aceites y Grasas, 2000; Todoagro, 2003; Milisich, 2005; Ferrando, 2007), pero su difusión esta limitada principalmente por factores económicos y de mercado. Además, su baja productividad, desalienta su elección como cultivo alternativo, siendo el efecto negativo que causan las malezas sobre su rendimiento uno de los factores determinantes de esta situación (O'Donovan & Sharma, 1983; St Remy de & O'Sullivan, 1986; Sánchez Vallduví et al., 2002).

La arquitectura de la planta de lino, su lento crecimiento y su pobre capacidad para cubrir el suelo, son características que determinan su baja capacidad competitiva. El control de las malezas en el lino luego de la siembra se realiza exclusivamente con herbicidas, pudiendo estos ocasionar un efecto negativo sobre el crecimiento del cultivo ya que es sensible a los mismos (Lutman, 1991).

Para que una agricultura sea considerada sustentable, debe conservar el capital natural (Harte, 1995), por lo tanto, es necesario que las prácticas de manejo permitan la conservación de los recursos productivos y minimicen el impacto ambiental externo (Xu & Mage, 2001; Altieri, 2002, Chikowo et al., 2009). Dentro de estas prácticas, se incluyen las que hacen al manejo de las malezas. En este marco, y teniendo en cuenta las particularidades señaladas para el cultivo de lino y su control de malezas, surge la necesidad de buscar alternativas a los métodos tradicionales de malezas en este cultivo.

Las prácticas agrícolas modifican las características de los agroecosistemas (Derkesen et al. 1994; Buhler et al., 1997; Alm et al., 2000; Ramsdale et al. 2006), y pueden ser usadas para disminuir la competencia de las malezas con los cultivos (Acciaresi & Sarandón, 2002). En situaciones donde los recursos son escasos, aquellas prácticas que favorezcan la utilización de los mismos por parte del sistema cultivado, pueden constituir estrategias enmarcadas en un manejo sustentable de malezas. Este es el sentido de la siembra de policultivos (Poggio, 2005), donde cobran especial interés las especies Leguminosas debido a que, por su posibilidad de fijar N atmosférico a través del proceso

simbiótico, puede esperarse menor competencia por este nutriente entre los integrantes de la mezcla de cultivos.

La siembra del cultivo de lino junto con una Leguminosa como cultivo acompañante, puede mejorar la ocupación de los nichos ecológicos de las especies que forman parte de la mezcla (Begon, et al. 2006), aumentar la captura de recursos por parte del cultivo y, consecuentemente, mejorar su habilidad competitiva. Un efecto semejante podría alcanzarse a través del uso anticipado de los recursos, lo cual puede lograrse con el aumento de la densidad de siembra del cultivo o con una distribución de las plantas de lino que favorezca la captura de los recursos por parte del cultivo. A través de estas prácticas de manejo podría minimizarse la competencia de las malezas sobre el cultivo y, además, afectarse negativamente el crecimiento y desarrollo de las malezas y, de este modo, aportar al manejo de las mismas en el largo plazo.

Las consecuencias que puedan ocasionar los métodos de control de malezas sobre los agroecosistemas no siempre son predecibles. Por este motivo, es relevante agregar al estudio tradicional del problema de las malezas, otra visión que considere las interacciones entre los componentes del sistema, y balancee la necesidad de controlar las malezas con los requerimientos para un modelo de producción más sustentable (Marshall et al., 2003).

No obstante la evidente necesidad de revisar los métodos convencionales de control de malezas utilizados, en búsqueda de una solución integral al problema, los estudios de competencia en el cultivo de lino generalmente han evaluado el efecto de la presencia de malezas sobre el rendimiento del mismo como variable de interés (Robinson, 1949; Bell & Nalewaja, 1968; Brasesco, 1969; Gruenhagen & Nalewaja, 1969; Friesen, 1986; Barreyro et al., 1994; Sánchez Vallduví et al., 1997; Barreyro & Sánchez Vallduví, 2002). En ese contexto no se tienen en cuenta las consecuencias que puedan tener las distintas prácticas de manejo sobre la conservación del ambiente y la capacidad productiva del agroecosistema. El análisis que prioriza principalmente la producción, valora los aspectos económicos y se ha enmarcado en una óptica que pone énfasis en el corto plazo y con una visión productivista (Sarandón, 2002a), sin tener en cuenta la relación que pueda existir entre las estrategias de manejo y la sustentabilidad del agroecosistema.

Para tomar decisiones en el manejo de las malezas tendientes a minimizar el impacto negativo de las prácticas sobre el agroecosistema, es necesario previamente entender los principios ecológicos en los cuales están basadas y contar con elementos de juicio que permitan evaluar el aporte que hacen a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sarandón 2002b, Vitta et al. 2002). Surge claramente la necesidad de un cambio en el enfoque, en el cual se aborde la problemática de las malezas con una visión amplia donde las malezas constituyen parte del agroecosistema y se considere las consecuencias en el largo plazo de las prácticas de producción (Buhler, 1999; Gontier et al. 2006). Para lograr

este objetivo y bajo una óptica de sustentabilidad, es necesario diseñar una metodología de evaluación de las prácticas de manejo que tenga en cuenta la complejidad de la realidad a evaluar y permita realizar un análisis de la problemática en forma integral (Odum, 1984; Flores & Sarandón, 2003). Una herramienta propuesta para este tipo de análisis es a través del uso de indicadores apropiados para el objetivo que se pretende evaluar (Sarandón, 2002b, Viglizzo et al. 2009). En este contexto, se requiere plantear criterios de análisis globales, teniendo en cuenta los impactos de las prácticas agrícolas en general y las que hacen al manejo de malezas en particular, sobre la conservación de los recursos tanto intra como extra prediales (Girardin & Bockstaller, 1997; Flores & Sarandón, 2004). Entre los aspectos a evaluar que hacen a la capacidad productiva del propio sistema se encuentran la calidad del suelo y la biodiversidad del agroecosistema cultivado, y en cuanto a aquellos que impactan al medio externo del agroecosistema se puede mencionar al uso de herbicidas, la eficiencia energética y aquellos que se relacionan con la capacidad de capturar C del medio ambiente.

Hipótesis general:

Las prácticas de manejo de malezas que favorecen la captura de recursos por parte del sistema cultivado, mejoran la capacidad competitiva del mismo y dejan menos disponibilidad de recursos para las malezas, lo que constituye un aporte al manejo sustentable de malezas.

Hipótesis particulares:

- *La siembra del lino con un espaciamiento más equidistante entre plantas favorece la captura de recursos por parte del cultivo, mejorando su capacidad competitiva y determina una menor disponibilidad de recursos para la maleza.*
- *El aumento de la densidad de siembra del cultivo de lino favorece la captura de recursos por parte del cultivo, mejorando su capacidad competitiva y determina una menor disponibilidad de recursos en relación a la maleza.*
- *El sistema resultante de la siembra en intercultivo del cultivo de lino con una Leguminosa favorece la captura de recursos por parte del sistema cultivado determinando menor disponibilidad de recursos para la maleza.*

- *El aumento de la densidad de siembra de lino y/o la siembra junto con una Leguminosa, son prácticas de manejo que afectan negativamente la capacidad reproductiva de las malezas.*
- *El aumento de la densidad de siembra del lino, la siembra en intercultivo con trébol rojo y la siembra al voleo son alternativas de manejo que presentan puntos más favorables a la sustentabilidad desde la dimensión ecológica que el control de malezas principalmente con herbicidas.*

Objetivos generales:

- 1- Analizar los cambios en la competencia entre el lino y las malezas bajo distintas condiciones de manejo del cultivo.
- 2- Evaluar el aporte a la dimensión ecológica de la sustentabilidad del manejo de malezas en el cultivo de lino a través de distintos patrones de siembra de lino y la siembra junto con un cultivo acompañante.

Objetivos particulares:

- 1.- Evaluar el efecto de cambios de la densidad de siembra y el arreglo espacial del cultivo de lino sobre su capacidad competitiva y su relación con el rendimiento, la acumulación de biomasa y nitrógeno. Capítulo II
- 2.- Evaluar la acumulación de biomasa, el rendimiento y la acumulación de N del lino en competencia con *Brassica* bajo distinta densidad del cultivo y ante la presencia de *Trifolium pratense* L. como cultivo acompañante. Capítulo III
- 3.- Evaluar el efecto del aumento en la densidad de siembra del lino y de la inclusión de *Trifolium pratense* L. como cultivo acompañante sobre la habilidad competitiva del cultivo de lino en competencia con *Brassica* y su efecto sobre la producción de semillas y acumulación de nitrógeno de la maleza. Capítulo III
- 4.- Construir indicadores que permitan evaluar diferencias en el aporte a la sustentabilidad ecológica del aumento de la densidad de siembra y/o la siembra al voleo del cultivo de lino, y/o su intercultivo con trébol rojo, como alternativas de manejo de malezas en lino. Capítulo IV.

5.- Comparar a través del uso de indicadores seleccionados para tal fin, el aporte de la dimensión ecológica a la sustentabilidad del agroecosistema del aumento de la densidad de siembra y/o la siembra al voleo del cultivo de lino, y/o su intercultivo con trébol rojo, como alternativas de manejo de malezas en lino. Capítulo IV.

BIBLIOGRAFIA

- Acciaresi, H.A. & S.J. Sarandón.** 2002. Manejo de malezas en una agricultura sustentable. Capítulo 17: 331-361. En: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Aceites y Grasas.** 2000. Artículo Editorial. Año 10 N° 38.
- Aldrich, R.Y. & R.J. Kremer.** 1997. Principles in weed management. Ed. Iowa State University Press/Ames: 445 pp.
- Alm, D.M, L.M. Wax & E.W. Stoller.** 2000. Weed suppression for weed management in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) production systems. Weed Technology 14: 713-717.
- Altieri, M.** 2002. Agroecology. The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture Ecosystems and Environment 93: 1-24.
- Barreyro, R.A., G.E. Sánchez Vallduví.** 2002. Delimitación del período crítico de competencia de malezas en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum*). Planta Daninha. 3 N° 20: 399-403.
- Barreyro, R.A., G.E. Sánchez Vallduví, M.V. Manghi & E.Y. Andrés.** 1994. Período crítico de la competencia en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.). Revista Oleaginosos, Argentina 9: 10-14.
- Bellinder, R.R., H.R. Dillard & D.A. Shah.** 2004. Weed seedbank community responses to crop rotation schemes. Crop Protection 23 (2): 95-101.
- Bell, A.R. & J.D. Nalewaja.** 1968. Effect of duration of wild oat competition in flax. Weed Science 16: 509-512.
- Beckie, H.J. & X. Reboud.** 2009. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. Weed Technology 23: 363-370.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend.** 2006. Resources. Capítulo 3 en Parte 1: Organisms: 58-88. In: Ecology. Individuals, populations and communities. Third Edition. Blackwell Science Publications. Oxford. 759 pp.
- Blackshaw, R.E., J.R. Moyer, K.N. Harker & G.W. Clayton.** 2005. Integration of Practices and herbicides for sustainable weed management in a zero-till barley field pea rotation. Weed Technology 19: 190-196.
- Brasenco, J.A.I.** 1969. Influencia de las malezas sobre el rendimiento de lino en Paraná (Entre Ríos). Serie Técnica, INTA Paraná, Argentina 25: 1-16.
- Brusaard, L., P.C. de Ruiter & G.G. Brown.** 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystem & Environment 121: 233-244.
- Bhowmik, P.C.,** 1997. Weed biology: importance to weed management. Weed Science 45: 349-356.

- Buhler, D.D.** 1996. Development of alternative weed management strategies. *Journal of Production Agriculture* 9 N° 4: 501-505.
- Buhler, D.D.** 1999. Expanding the Context of Weed Management. *Journal of Crop Production* 2 N° 1: 1-7.
- Buhler, D.D., R.G. Hartzler & F. Forcella.** 1997. Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Science* 45: 329-336.
- Castoldi, N. & L. Bechini.** 2010. Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. *European Journal of Agronomy* 32: 59-72.
- Chikowo, R., V. Faloya, S. Petit & N.M. Munier-Jolain.** 2009. Integrated weed management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132: 237-242.
- de la Fuente, E. & S.A., Suárez.** 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18: 239-252.
- Derksen, D.A., A.G. Thomas, G.P. Lafound, H.A. Loeppky & C.J. Swanton.** 1994. Impact of agronomic practices on weed communities: fallow within tillage systems. *Weed Science* 42: 184-194.
- Dordas, C.A.** 2011. Nitrogen nutrition index and its relationship to use efficiency in linseed. *European Journal of Agronomy* 34: 124-132.
- Ferrando, J.P.** 2007. El cultivo de lino. *Agromercado* N° 266: 4-10.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata.* 105 N° 1: 53-68.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2004. Limitations of neoclassical economics for evaluating sustainability of agricultural systems: comparing organic and conventional systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 24 (2): 77-91.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO-AGLL.** 2002. Portal: Soil Biodiversity, Soil Biota and Biodiversity: the "Root" of Sustainable Agriculture. En: www.fao.org. Visitado el 23/6/02.111.
- Friesen, G.H.** 1986. Effect of weed interference on yield and quality of flax seed oil. *Canadian Journal of Plant Science* 66: 1037-1040.
- Ghera, C.M., E.L. Benech-Arnold, E.H. Satorre & M.A. Martinez-Ghera.** 2000. Advances in weed management strategies. *Field Crop Research* 67: 141-148.
- Girardin, P. & C. Bockstaller.** 1997. Les indicateurs agro-ecologiques, outils pour evaluer des systemes de culture. *OCL Vol* 4: 418-426.
- Gontier M., B. Balfors & U. Mörtberg.** 2006. Biodiversity in environmental assessment-current practice and tools for prediction. *Environmental Impact Assessment Review* 26: 268-286.
- Gruenhagen, R.D. & J.D. Nalewaja.** 1969. Competition between flax and wild buckwheat. *Weed Science* 17: 380-384.
- Guglielmini, A.C., C.M. Ghera & E.H. Satorre.** 2007. Co-evolution of domesticated crops and associated weeds. *Ecología Austral* 17: 167-178.
- Harte, M.J.,** 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.

- Holman, J.D., A.J. Bussan, B.D. Maxwell, P.R. Miller & J.A. Mickelson.** 2004. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian darnel (*Lolium persicum*) interference. *Weed Technology* 18: 509-520.
- Khanh T.D., M.I. Cheng, T.D. Xuan & S. Tawata.** 2005. Cropping and Forage Systems/Crop Ecology/Organic Farming. The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy & Crop Science* 191: 172-184.
- Liebman, M. & A.S. Davis.** 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-inputs farming systems. *Weed Research*. 40:27:47.
- Liebman, M. & E. Dyck.** 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3 N°1: 92-122.
- Lutman, P.J.W.** 1991. Weed control in linseed: a review. *Aspects of Applied Biology Production and protection of linseed* 28: 137-144.
- Llewellyn, R.S., R.K. Lindner, D.J. Pannell & S.B. Powles.** 2004. Grain grower perceptions and use of integrated weed management. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 993-1001.
- Makowski, D., T. Dore, J. Gasquez & N. Munier-Jolain.** 2007. Modeling land use strategies to optimize crop production of ecologically important weed species. *Weed Research* 47: 202-211.
- Marshall, E.J.P.** 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society Weed Research* 43: 77-89.
- Milisich, H.** 2005. Flor de lino. *El Federal*. Año 2 N° 79: 56-59.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).** 2011. www.sagpya.mecon.gov.ar.
- O'Donovan, J.T. & M.P. Sharma.** 1983. Wild oats, competition and crop losses. *Proceedings, Wild oat symposium*. Regina Canada 27-42.
- Oosterheld, M.** 2008. Impacto de la agricultura sobre los agroecosistemas. *Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes*. *Ecología Austral* 18: 337-346.
- Odum, E.P.** 1984. Properties of agroecosystems. En: Lowrance R, BR Stinner & House Ed. *Agricultural Ecosystem: Unifying concepts*. J. Willey & Sons. New York: 5-81.
- Papa, J.C.M., E.C. Puricelli & J.C. Felizia.** 2002. Malezas tolerantes a herbicidas en soja. *Idia XXI*. Año 2, N°3: 64-67.
- Poggio, S.L.** 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 48-58.
- Prober, S.M. & F.P. Smith.** 2009. Enhancing biodiversity persistence in intensively used agricultural landscapes: A synthesis of 30 years of research in the Western Australian wheatbelt. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132: 173-191.
- Ramsdale, B.K., G.O. Kegode, C.G. Messersmith, J.D. Nalewaja & C.A. Nord.** 2006. Long-term effect of spring wheat-soybean cropping systems on weed populations. *Field crop research* 97: 197-208.
- Robinson, R.G.** 1949. The effect of flax stand on yield of flaxseed, flax straw, and weeds. *Agronomy Journal* 41: 483-484.
- Sánchez Vallduví, G.E., M.V. Manghi & R.A. Barreyro.** 1997. Efecto de la presencia de malezas en distintos períodos del cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.). *Agro-Ciencia de Chile* 13 N°3: 257-263.

- Sánchez Vallduví, G.E., C.C. Flores, R.A. Barreyro, M.V. Manghi & S.J. Sarandón.** 2002. Competence of natural weed community at different stages of linseed crop development. *Crop Research* 23 N° 2: 269-276.
- Sarandón, S.J.** 2002a. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la Agricultura intensiva de la revolución Verde. Capítulo. 1: 23-47. En: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S.J.** 2002b. El desarrollo de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Capítulo 20: 393-414. En: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Stoate, C., N.D. Boatman, R.J. Borralho, C. Rio Carvalho, G.R. De Snoo & P. Eden** 2001. Ecological impacts of intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.
- St Remy, E.A. de & P.A. O'Sullivan.** 1986. Duration of Tatar buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). Interference in several crops. *Weed Science* 34: 281-286.
- Todoagro.** 2003. www.todoagro.com.ar
- United Nations Environment Programme (UNEP).** 1996 Convention on biological diversity. Disponible en <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-02/official/sbstta-02-10-en>. Pdf 29 pp.
- Van Wenum, J.H., Wossink G.A.A. & J.A. Renkema.** 2004. Location-specific modeling for optimizing wildlife management on crop faro. *Ecological Economics* 48: 395-407.
- Viglizzo, E.F., F.C. Frank & S.E. Cabo.** 2009. Agoecoindex. Versión 2009. INTA. Programa nacional de gestión ambiental. www.inta.gov.ar/anguil/info/agroindex.
- Vitta, J., D. Tuesca, E. Puricelli, L.A. Nisensohn & D.E. Faccini.** 2002. El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología Austral* 12: 83-87.
- Vitta, J., D. Tuesca & E. Puricelli.** 2004. Wide spread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness in Argentina. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 103 N° 3: 621-624.
- Wyse, D.L.** 1994. New technologies and approaches for weed management in sustainable agriculture systems. *Weed Technology* 8: 403-407.
- World Comission of Environmental & Development (WCED).** 1987. Our common future. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Xu, W. & J.A. Mage.** 2001. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83: 215-233.
- Zimdahl, R.L.** 1991. The need for historical perspective. Capítulo 1 en: Weed-Science. A plea for thought. USDA Cooperative State Research Service. Washington, DC. United States Department of Agriculture. A Symposium Preprint. Pp 1-9.

CAPITULO I

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LAS MALEZAS DESDE UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO.

ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LAS MALEZAS EN EL CULTIVO DE LINO

I- La simplificación de los sistemas agrícolas y sus consecuencias. El lino como alternativa de producción agrícola

La Región Pampeana Argentina, ha sufrido en los últimos años un proceso de agriculturización y simplificación de los sistemas naturales, dando lugar a sistemas con menor diversidad de especies y estabilidad (Martinez-Ghersa et al., 2000; Viglizzo & Frank, 2006, Viglizzo et al., 2011). Este proceso se desarrolló en el marco de una óptica reduccionista e influenciado por la denominada “Revolución Verde” (Shiva, 1991). Bajo esta concepción los sistemas modernos de producción son destinados a maximizar los rendimientos de pocos cultivos, más rentables y bajo condiciones de alta disponibilidad de insumos (Sarandón, 2002a). Si bien estos sistemas generan una mayor productividad de las tierras cultivadas, no siempre son accesibles a todos los sectores socioeconómicos (INTA, 2005), no garantizan la seguridad alimentaria y no se realizan con una visión a largo plazo de los efectos que puedan ocasionar sobre el agroecosistema (Swaminathan, 2007). Un claro ejemplo de esto es el cultivo de soja en la Argentina, el cual, en el transcurso de muy poco tiempo creció enormemente. El área sembrada en los últimos 10 años tuvo un incremento mayor al 250 % (MAGyP, 2011) con una superficie estimada para la campaña 2009/10 de más de 18.300.000 ha (Figura 1.1), constituyendo actualmente una situación extrema de monocultivo.

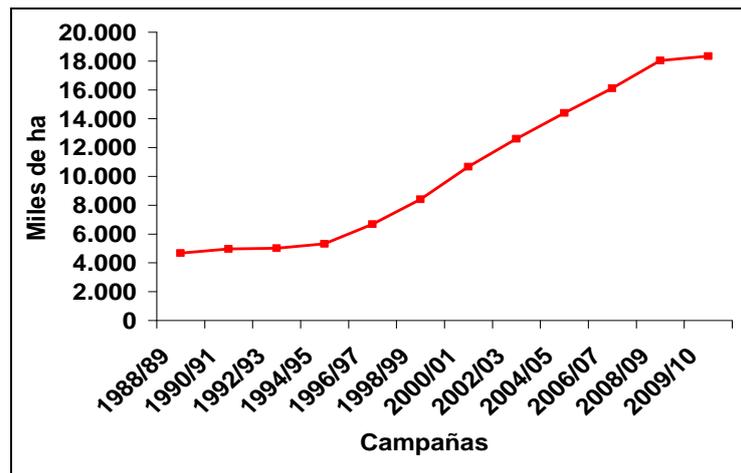


Figura 1.1: Evolución de la superficie de soja sembrada en la Argentina. 1988/89-2009/10. Datos tomados de MAGyP, www.sagpya.mecom.gov.ar

Como resultado de esta intensificación y simplificación de la agricultura han surgido numerosos problemas ecológicos, destacándose la reducción de la biodiversidad de los agroecosistemas (Pimentel et al., 1997; Stoate et al., 2001; FAO-AGLL Portal: Soil Biodiversity, 2002; van Wenum et al., 2004, Brusaard et al., 2007; Andreasen & Stryhn, 2008; Prober & Smith, 2009; Zimmermann et al., 2010). Como consecuencia de la pérdida de diversidad de especies de los sistemas productivos, estos resultan más susceptibles a las enfermedades, plagas y variaciones climáticas y más dependientes de insumos externos que reemplazan la pérdida de resiliencia y los ciclos de nutrientes naturales (Ghersa et al., 1994, UNEP, 1996; Stoate et al. 2001) y funciones las ecológicas (Swift et al., 2004), poniendo en duda su productividad en el largo plazo.

En los últimos años, se ha comenzado a tomar conciencia del impacto ambiental, social y cultural de ciertas prácticas de la agricultura moderna, lo que lleva a un replanteo del modelo agrícola vigente hacia uno más sustentable. En este marco, es necesario pensar en la diversificación de los sistemas de producción, no solamente a través de las secuencias de cultivos o producciones, sino también en las técnicas y manejos realizados.

La diversificación, constituye una herramienta para restaurar y aumentar la biodiversidad. Como resultado de esta estrategia, se espera favorecer el reciclaje de nutrientes, la conservación del agua y del suelo, incrementar los rendimientos de los cultivos y disminuir el daño por malezas, enfermedades y plagas (Francis & Youngber, 1990; Altieri, 1992, 1995; Wyse, 1994).

Entre los aspectos a considerar en el diseño de sistemas más sustentables, se encuentra la planificación de rotaciones, técnica conocida desde hace mucho tiempo y componente esencial dentro del manejo sustentable de malezas (Aldrich & Kremer, 1997;

Liebman & Davis, 2000, Bellinder et al. 2004; Dillard et al. 2004; Holman et al. 2004, Khanh et al., 2005; Ramsdale et al. 2006).

Entre las especies de ciclo invernal que pueden ser incorporadas en los sistemas de producción agrícola de la Región Pampeana, se encuentra el lino, que se adapta a las condiciones bioambientales, tecnológicas y estructurales de la zona. La inclusión del cultivo de lino dentro de la rotación, resulta una alternativa de producción a tener en cuenta, tanto desde un punto de vista agronómico, como económico y social. Este cultivo se caracteriza por su bajo costo de producción y su adaptación a zonas marginales. También es una alternativa a ser utilizada en planteos ganaderos, a través de su consociación con pasturas y constituye un interesante nicho en el mercado de productos orgánicos, con expectativas de buen precio.

La Argentina fue un país linero por excelencia; su superficie cultivada fue de alrededor de 800.000 ha por más de 30 años, concentrada principalmente en las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos. A partir de la Segunda Guerra Mundial, comenzó una importante reducción del área sembrada con lino en nuestro país, lo cual se relacionó con la incorporación de Estados Unidos y Canadá como países productores y exportadores, bajos precios internos y a la sustitución de su aceite por productos sintéticos. Estados Unidos promovió su producción a precios sumamente altos y con un fuerte subsidio estatal lo cual favoreció fuertemente el aumento de la superficie sembrada y, consecuentemente, la producción del país y, Canadá también expandió su área sembrada especialmente al caer la producción de trigo (Aceites y Grasas, 2000). Esta situación ubicó a estos países como principales productores y exportadores de lino. Argentina tuvo una importante participación en el mercado mundial hasta la década del '90 ocupando hasta el año 1993 el primer lugar como exportador de harinas proteicas (FAO, 2011). A partir de esa década comenzó una caída violenta de la superficie sembrada, asociado esto principalmente con su reemplazo por cultivos de alta rentabilidad (Figura 1.2). En el 2009 la superficie sembrada fue de sólo 38.500 ha, concentrada principalmente en Entre Ríos; esta baja también repercutió en la participación del producto exportado (MAGyP, 2011, CIARA, 2011; FAO, 2011).

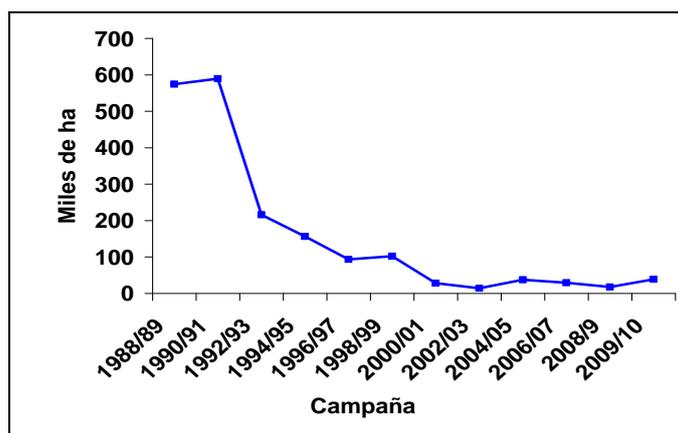


Figura 1.2: Evolución de la superficie de lino sembrada en la Argentina. 1988/89-2009/10. Datos tomados de MAGyP, www.sagpya.mecom.gov.ar

Actualmente, existe interés por parte de algunos sectores en fomentar y realentar la producción del cultivo de lino en la Argentina (Aceites y Grasas, 2000; Todoagro, 2003; Milisich, 2005; Ferrando, 2007). A pesar de las características favorables señaladas, su difusión se ve limitada principalmente por factores económicos y de mercado. Entre ellos se puede señalar el especial interés por la producción de cultivos aparentemente más rentables, el cierre de fábricas o la adaptación de otras para la extracción de aceite de soja. A pesar de estas dificultades, en el marco de una agricultura más sustentable y con el objetivo de disponer de un importante insumo para alimentos saludables enriquecidos en Omega 3, resulta necesario estimular su producción. Teniendo en cuenta que la sola diversificación de los sistemas productivos no asegura alcanzar una mayor sustentabilidad de los mismos, es necesario acompañar la incorporación del cultivo a los sistemas de rotaciones con un manejo que permita la conservación de los recursos productivos y minimice el impacto ambiental externo (Flores & Sarandón, 2003).

Caracterización del cultivo de lino

Originariamente, el lino se cultivó por el interés puesto en las fibras del tallo que pueden entretejerse formando telas, considerándose las semillas sólo como subproducto. A partir del desarrollo industrial del Siglo XVIII, la producción de semillas de lino adquirió una posición preponderante, primero, como materia prima para la elaboración de pinturas y barnices, y actualmente, también se resalta su valoración orientada a la salud humana.

La semilla de lino se destaca por la calidad de su aceite industrial, como complemento en la dieta humana y animal (fuente de proteínas y ácidos omega 3) (Acosta,

1980; Oplinger et al, 1989; Valenzuela et al, 1999) y por su potencial aprovechamiento como aceite comestible (Green, 1986; Weiss, 1993; Flax Council of Canadá, 2008). La semilla está compuesta por 37-46 % de aceite secante, 20-25 % de proteínas, aproximadamente 25-28 % de fibras (de la cual entre 20-40 % es fibra soluble), 4-6 % de carbohidratos y 3-4 % de cenizas. También es rica en fitoestrógenos, entre los cuales los más importantes son los lignanos. El aceite tiene un elevado contenido de ácido alfa linolénico (más del 50 %), ácido graso precursor de la cadena metabólica Omega 3 y esencial para el buen funcionamiento del organismo humano.

En Argentina, las variedades de lino que se utilizan son de tipo primaveral, las que se siembran durante el invierno, así tienen las condiciones necesarias para cumplir sus requerimientos en temperatura. El ciclo total sembrado en época adecuada (Mayo a Julio según zona) es de alrededor de 160-170 días de emergencia a madurez de cosecha. El lino se caracteriza por poseer un crecimiento muy lento durante un período prolongado del ciclo, iniciando su crecimiento acelerado poco antes de la visualización de los botones florales (Diepenbrock & Porksen, 1992; D'Antuono & Rossini, 1995; Merrien et al., 1995; Sánchez Vallduví & Flores, 2007).

Es de crecimiento de tipo indeterminado por lo que existe superposición entre etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo, con una partición de la biomasa a lo largo del ciclo diferente según el estado de desarrollo del cultivo y una duración de la floración entre 15 y 25 días según las condiciones de cultivo (Figura 1.3).

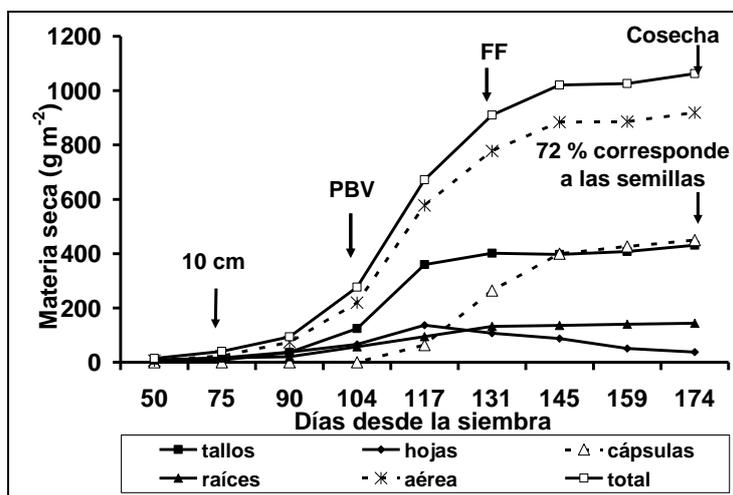


Figura 1.3: Acumulación de la materia seca y partición por órganos en el cultivo de lino. 1995. La Plata, Argentina. (Sánchez Vallduví & Flores, 2007). Referencias: 10 cm: 10 cm de altura del lino, PBV: primeros botones florales visibles, FF: fin de floración.

La arquitectura de la planta de lino determina una escasa capacidad de cobertura del suelo. El sistema radical es débil y desarrolla mayormente en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. El tallo es delgado (3-5 mm), de 60-80 cm de altura y puede tener de 1-3 ramificaciones en la base. Sus hojas son pequeñas (2-3 cm de largo y 3-4 mm de ancho), con una posición superpuesta, las que desarrollan hasta el comienzo de la floración (Diepenbrock & Iwersen, 1989; Diepenbrock & Pörksen, 1992). Las flores se disponen en una inflorescencia corimbosa terminal y su fruto es una cápsula de 10 a 12 mm de diámetro y hasta 10 semillas cada uno. En la figura 1.4 se observa la estructura de una planta de lino y en la figura 1.5 un cultivo en los distintos estados de su desarrollo.

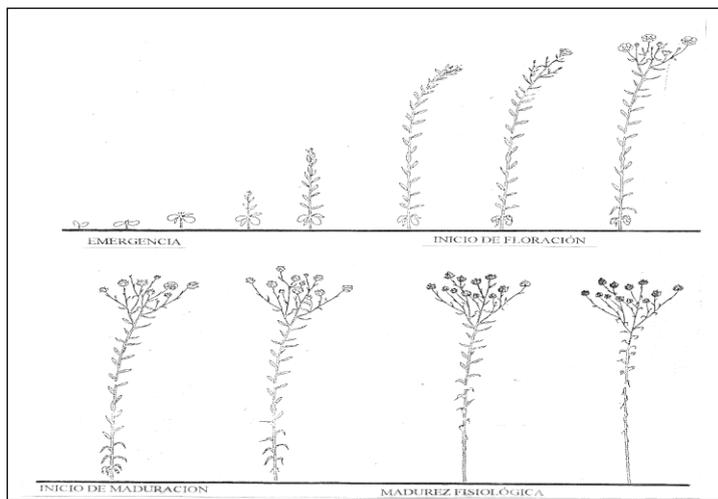


Figura 1.4: Características de una planta de lino en distintos estados de desarrollo. Adaptado de Turner, 1987.

a)



b)



c)



d)



Figura 1.5: Cultivo de lino en distintos estados de desarrollo. a) Vegetativo b) Primeros botones florales visibles c) Floración d) Fructificación.

II- Marco conceptual de agricultura sustentable:

La evaluación de la sustentabilidad requiere previamente definir el marco conceptual en el cual se realiza dicho análisis. Son muchos los debates llevados a cabo tendientes a definir a la agricultura sustentable, pero, ya no se discute la necesidad de compatibilizar la productividad de los sistemas agrícolas con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Esto surge de la definición más conocida y ampliamente aceptada del *desarrollo sustentable como aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer a las necesidades de las generaciones futuras* (WCED, 1987). Por otra parte, para el desarrollo, investigación y evaluación de sistemas de cultivos sustentables es necesario previamente definir las características que estos deberían reunir. En este sentido, para que una agricultura sea sustentable se considera que debe ser: suficientemente productiva, económicamente viable y ecológicamente adecuada (entendida esta como aquella que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente a nivel local, regional y global), culturalmente aceptable y socialmente justa y técnicamente posible (Smyth & Dumanski, 1995; Sarandón, 1996)

A su vez, Sarandón y Sarandón, (1993) señalan que el diseño y manejo de los agroecosistemas debe buscar:

- Un aumento en la biodiversidad de los sistemas productivos.
- Una menor dependencia del uso de insumos externos.
- Un uso más eficiente de la energía.
- Un mayor aprovechamiento de procesos naturales en la producción agrícola.

- Una eliminación o disminución del daño ambiental y/o la salud de agricultores y consumidores.
- Un ajuste de los sistemas de cultivo a la productividad potencial y a las limitantes físicas, económicas y socioculturales de los agroecosistemas.
- Una producción eficiente y rentable con énfasis en mejores técnicas de manejo y conservación de suelo, agua, energía y recursos biológicos.
- Una disminución del riesgo debido a fluctuaciones climáticas o de mercado.
- Lograr una mayor estabilidad en el tiempo.

Son reconocidos y valorados los numerosos servicios que provienen los ecosistemas a las personas y a la sociedad toda (alimentos, biodiversidad, fibras, agua, captura de carbono y recreación, entre otros). La continuidad a futuro de estos servicios depende, entre otras cosas, del impacto que tengan las prácticas agrícolas sobre el ecosistema, lo cual es variable en función de la vulnerabilidad de cada uno de ellos (Metzger et al., 2005; 2006).

Teniendo en cuenta que para que una agricultura sea considerada sustentable, requiere que el capital natural sea conservado (Harte, 1995), es necesario que la agricultura se desarrolle en este sentido (Parris, 1999). Para tomar decisiones en el manejo de los agroecosistemas tendientes a minimizar el impacto negativo de las prácticas sobre el mismo, es necesario previamente entender los principios ecológicos en los cuales están basadas (Altieri, 2002; Vitta et al. 2002), y contar con elementos de juicio que permitan evaluar el aporte que hacen a la conservación de los mismos (Sarandón 2002b).

No obstante la reconocida necesidad de un cambio de enfoque en la evaluación de las técnicas aplicadas para el control y manejo de malezas, el rendimiento alcanzado por el cultivo de interés y la rentabilidad, siguen siendo las principales variables de toma de decisiones. Bajo una óptica de sustentabilidad estas variables deberían ser consideradas como una más a evaluar y orientar el análisis en forma integral (Altieri, 1995).

Ante la necesidad de preservar la productividad de la tierra en el largo plazo y garantizar la producción sustentable de alimentos, se requiere de un abordaje de la agricultura que se centre tanto en la producción como en la sostenibilidad del sistema. Este abordaje se establece en la Agroecología, la que se define como la aplicación de principios ecológicos en el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles (Hecht, 1997; Gliessman, 2001).

La Agroecología es una disciplina que provee principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica de los mismos (Altieri, 1997; Gliessman, 2001). Este abordaje de la agricultura cuestiona el análisis fragmentado, lo que exige un análisis más complejo donde se tengan en cuenta, simultáneamente, varios objetivos ya que propone una visión

holística y sistémica (Odum, 1984; Flores & Sarandón, 2003). El problema es que no se han desarrollado herramientas y/o métodos apropiados para evaluar esa complejidad de una manera objetiva (Sarandón, 2002b, Gontier et al. 2006).

Teniendo en cuenta que la definición de sustentabilidad adoptada, plantea la “satisfacción de necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer a las futuras” (Ikerd, 1990), se presenta la necesidad de predecir el impacto hacia futuro de las prácticas de manejo analizadas. Ya esto fue planteado por Girardin y Bockstaller (1997) quienes señalan que ante un nuevo contexto de agricultura sustentable se requiere plantear criterios de análisis más globales, teniendo en cuenta los impactos de las prácticas agrícolas sobre la conservación de los recursos tanto intra como extra prediales (Flores & Sarandón, 2004).

Si bien aún existen disyuntivas en los criterios y metodologías más apropiados a utilizar para medir la sustentabilidad, hay coincidencia en que dicha evaluación debe contemplar al menos tres dimensiones de análisis: la ecológica, la económica y la sociocultural (Fernández-Sánchez & Rodríguez-Lopez, 2010; Sattler et al., 2010). En este marco y, teniendo en cuenta la multidimensión de la problemática, resulta necesario que las alternativas tecnológicas se evalúen en forma compleja (Odum, 1984, Flores & Sarandón, 2003), dejando de lado la idea simplista que predominó en los estudios convencionales.

Para el logro de este objetivo, es necesario diseñar una metodología que permita analizar, el aporte de las prácticas agrícolas a la sustentabilidad de los agroecosistemas (Sarandón, 2002b, Castoldi, & Bechini, 2010), lo cual podría hacerse mediante el empleo de indicadores. Este análisis, permitiría a su vez, detectar puntos críticos para la sustentabilidad del sistema y aportar elementos de juicio para la toma de decisiones futuras. A su vez, a través de la interpretación de indicadores desarrollados para tal fin, se pueden dar elementos de juicio para responder al cuestionamiento acerca de qué puede ocurrir si se sigue con un determinado manejo durante muchos años (Torquebiau, 1992; Buhler, 1999; de Camino y Muller, 1993; Sarandón, 2002b; Gontier et al. 2006). A partir de un análisis más complejo que tenga en cuenta los principios básicos de sustentabilidad, puede surgir que una alternativa sea considerada “mejor” desde una óptica convencional, y no lo sea desde un enfoque de agricultura sustentable. Un claro ejemplo fue planteado por Flores & Sarandón (2002) quienes evaluaron los “costos ocultos” de las pérdidas de nutrientes en cultivos de maíz, soja y trigo en la Región pampeana Argentina. Con un análisis convencional, que no incluye el costo de degradación del capital natural del suelo, los beneficios de la actividad agrícola pueden ser sobreestimados y ocultan la pérdida de nutrientes, lo cual indica la insustentabilidad del sistema agrícola pampeano.

III- Las malezas como problema. Manejo dentro de un marco de agricultura sustentable.

Como respuesta a la agriculturización y simplificación de los sistemas naturales y las prácticas asociadas a este modelo, surgen cambios en las comunidades de malezas (Ghersa & León, 1999, Marshall, 2003) relacionados a modificaciones en la dinámica poblacional de las mismas (Guglielmini et al., 2003). Entre otras consecuencias de este proceso, se destaca el aumento en el uso de herbicidas, la aparición de biotipos de malezas resistentes a ellos (Vitta et al., 1999, 2004, Papa et al., 2002, Llewellyn et al., 2004, Blackshaw et al., 2005; CASAFE y CIAFA, 2006; Beckie & Reboud, 2009; Peltzer et al., 2009, Brack et al., 2010) y el impacto negativo sobre otros componentes del agroecosistema (Marshall, 2003).

No obstante los numerosos esfuerzos orientados a disminuir el efecto de la competencia, las malezas siguen siendo un importante problema (Buhler et al., 2000). Una de las dificultades para encontrar una solución a este problema ha sido predominio de prácticas de manejo con objetivos en el corto plazo, mientras que la ciencia de malezas debiera considerar los efectos en el largo plazo de los métodos de manejo utilizados de modo de alcanzar una mayor viabilidad de los objetivos propuestos (Fernandez-Quintanilla et al., 2008) El significativo impacto que tienen sobre el rendimiento y calidad de los productos (Cousens & Mortimer, 1995; Khanh et al., 2005), determina que estas constituyan una de las principales limitaciones de la producción (Acciaresi & Sarandón, 2002) y sea una temática de permanente preocupación.

Tradicionalmente, el manejo de malezas se ha hecho con la idea de erradicarlas y mantener los cultivos totalmente libres de competencia. Esto se viene realizando principalmente a través del control con herbicidas y con la idea de obtener altos rendimientos de los cultivos. Es así, como en la Argentina, los herbicidas representan cerca del 60 % de los plaguicidas usados en la agricultura (datos estadísticos 2010) (CASAFE, 2011). A pesar de esto, no se logró la erradicación de las malezas, y además, surgieron otros problemas de relevancia, entre los que se destacan la aparición de malezas resistentes a ciertos herbicidas y problemas asociados a la salud humana y ambiental (Buhler, 1996; Proost et al., 1989; Ghersa et al., 2000).

En las últimas décadas, se ha comenzado a revisar y considerar los efectos a mediano y largo plazo que pueden tener las distintas prácticas agrícolas, incluso el control de malezas (Zimdahl, 1991; Wyse, 1994, Derksen et al., 1994, Blackshaw, et al., 2005). Si bien los herbicidas han sido sostén para el control de las malezas, es creciente el interés por sistemas de manejo de malezas sustentables (Buhler, 2002, Makowski et al. 2006).

Con el objetivo de preservar el agroecosistema y mantener su capacidad productiva a lo largo del tiempo (Swanton & Weise, 1991; Altieri, 1995), surge la necesidad de revisar los métodos de manejo de malezas utilizados y buscar una solución integral que permita un uso racional y eficiente de los recursos utilizados y que prevenga el daño (Liebman & Dyck, 1993; Swanton & Murphy, 1996; Bhowmik, 1997; Hartzler, 1997; Radosevich et al., 1997; Liebman & Janke, 1990; Buhler, 1999).

Las prácticas agrícolas modifican las características de los agroecosistemas, lo que incluye a aquellas que definen a la comunidad de malezas (Derkesen et al. 1994; Buhler et al., 1997; Alm et al., 2000; Ramsdale et al. 2006; Meiss et al. 2010). Los métodos de control de las malezas son prácticas de manejo que modifican el sistema del cual forman parte las mismas y, consecuentemente, con el transcurso del tiempo, se pueden producir cambios en los agroecosistemas que no son siempre predecibles.

En este contexto, toma relevancia agregar al estudio tradicional del problema de las malezas una visión más amplia, en la cual se consideren las interacciones entre los componentes del sistema y se balancee la necesidad de controlar las malezas con los requerimientos para un modelo de producción más sustentable (Marshall et al., 2003, Dollacker & Rhodes, 2007).

El caso del lino

El lino no escapa a la problemática planteada. Su baja rentabilidad actual, asociada con sus bajos rendimientos, desalientan su elección como cultivo alternativo. Ya Acosta (1988) señalaba la brecha entre los rendimientos del cultivo obtenidos a campo (1015 kg.ha⁻¹ en el 2006/07) (CIARA, 2008) y los observados en ensayos comparativos de cultivares (más de 2000 kg/ha), situación que no varió en los últimos años (Milisich *et al.*, 1992; Milisich & Formento, 1997; Sánchez Vallduví, et al. 2006; Milisich & Gallardo, 2008).

Si bien el cultivo de lino es un cultivo con historia en la Argentina, una de las dificultades para su inclusión en los sistemas de rotación es su baja productividad. La competencia con malezas es uno de los factores que determinan este resultado (Lutman, 1991), comportamiento que se asocia a la gran sensibilidad del lino a la competencia (O'Donovan & Sharma, 1983; St Remy de & O'Sullivan, 1986; Sánchez Vallduví et al., 2002), siendo las latifoliadas y, especialmente las Crucíferas, las especies de mayor importancia (Peltzer & Faya de Falcon, 1991; Milisich *et al.*, 1992; Molina, 2006).

Estrategias de manejo de malezas en el cultivo de lino en el marco de una agricultura sustentable

En los sistemas modificados como son los agroecosistemas, cambian las interacciones entre los factores bióticos y abióticos respecto a los sistemas naturales. Estas interacciones pueden ser positivas, negativas o neutras. La asociación más estudiada y de mayor interés de parte de los productores es la interferencia, en la cual se incluyen procesos de competencia y alelopatía. La competencia es un proceso complejo que produce el desequilibrio en la distribución de los factores de crecimiento, y determina un efecto adverso para las plantas que utilizan un recurso que resulta escaso (Radosevich et al., 1997).

La naturaleza y la intensidad de la competencia se relacionan con características de los integrantes del sistema del cual forman parte y del ambiente en el cual se desarrollan (Trenbath, 1976; Hartzler, 1997; Reynolds, 1999). Cuando las asociaciones ocurren entre cultivos y malezas pueden resultar en una disminución de la producción del cultivo y de las malezas. Las relaciones existentes entre los individuos, son modificadas por las prácticas agrícolas que pueden ser usadas para disminuir la competencia de las malezas sobre los cultivos. Para esto es necesario conocer los procesos relacionados con las causas que originan los cambios y los factores que las definen (Swanton et al., 1993).

Por las características del sistema de siembra del lino, no es posible llevar a cabo labores mecánicas de post-emergencia, motivo por el cual el control de las malezas luego de la siembra se realiza exclusivamente con herbicidas. Este manejo genera un riesgo potencial de contaminación por agroquímicos (Viglizzo et al., 2002) y también tiene un efecto negativo sobre el crecimiento del cultivo ya que este posee alta susceptibilidad a los herbicidas (Lutman, 1991).

No obstante la evidente necesidad de revisar los métodos utilizados en búsqueda de una solución integral al problema de las malezas, en los estudios de competencia en el cultivo de lino, generalmente se ha evaluado el efecto de la presencia de malezas sobre el rendimiento del mismo (Robinson, 1949; Bell & Nalewaja, 1968; Brasesco, 1969; Gruenhagen & Nalewaja, 1969; Friesen, 1986; Barreyro et al., 1994; Sánchez Vallduví et al., 1997; Barreyro & Sánchez Vallduví, 2002), sin ahondar en la relación que pueda existir entre las estrategias de manejo y la sustentabilidad del agroecosistema. Estos aspectos son necesarios para poder realizar un análisis de las alternativas de producción con un enfoque agroecológico y contar con criterios de evaluación tendientes a la toma de decisiones que favorezcan la conservación de los agroecosistemas.

Considerar alternativas de manejo de malezas diferentes al uso exclusivo de herbicidas, puede, además, resultar importante para el sector de la agricultura interesado en la producción de lino orgánico. Durante los últimos años la agricultura orgánica ha tenido un

gran impulso en la Argentina, siendo hoy uno de los países líderes en este tipo de producción (Organic-Market, 2011), lo que genera la necesidad de desarrollar técnicas de manejo acordes a sus requerimientos, entre las que se destaca la prohibición de agroquímicos. Además, hay que tener en cuenta la presión social que ya motivó que la Justicia decretara la prohibición de aplicar agroquímicos alrededor de varias ciudades y/o pueblos (Aranda, 2010; Aranda, 2011; RAPAL, 2011).

Varias son las prácticas que pueden ser puestas en práctica con la finalidad de disminuir la competencia y realizar un manejo de las malezas en el mediano y largo plazo (Acciaresi & Sarandón, 2002). Una de las alternativas propuestas en el marco de un manejo sustentable de las malezas es el uso de la habilidad competitiva de los cultivos (Doll, 1997, Gonzalez Ponce & Santín, 2001; Acciaresi & Bezus, 2002; Didon & Hansson, 2002; Puricelli *et al.*, 2003). La competencia de los cultivos puede usarse para reducir el crecimiento de las malezas, disminuir la producción de semillas, incrementar su mortalidad y, paralelamente, mejorar la producción del cultivo (Golberg, 1990; Wicks, *et al.*, 2004).

La habilidad competitiva puede ser modificada por las prácticas de manejo y las condiciones ambientales (Cousens & Mokhtari, 1998). Entre las estrategias de manejo se encuentran el aumento de la densidad de siembra del cultivo principal, el arreglo espacial y el intercultivo (Swanton & Weise, 1991; Liebman & Dyck, 1993; Lutman *et al.*, 1994; Lutman, 1997; Swanton & Murphy, 1996; Hartzler, 1997; Saucke & Ackerman, 2006). En diversos cultivos, se ha observado una mejora en su habilidad competitiva asociada a un mejor uso de recursos. Entre ellos se encuentran el trigo (González Ponce & Santín, 2001; Acciaresi *et al.*, 2001; Weiner *et al.*, 2001); la soja (Puricelli, *et al.*, 2003; Puricelli & Faccini, 2005), el maíz (Lindquist *et al.*, 1998; Begna *et al.*, 2001; Fernandez *et al.*, 2002); el tomate (Norris *et al.*, 2001) y la cebada (Doll, 1997). La respuesta del cultivo ante cada situación dependerá de las características particulares del mismo, de la comunidad y abundancia de malezas que forman parte del sistema y de las condiciones ambientales en las cuales se encuentran.

Los sistemas de cultivo del lino que generen un aprovechamiento ventajoso de los recursos para el cultivo y desventajoso para la maleza cobran importancia para un manejo a largo plazo de las mismas. Esto podría lograrse a través de un uso anticipado de los recursos por parte del cultivo mediante el aumento de su densidad, con un arreglo espacial de las plantas uniforme que permita una mejor distribución de los recursos, o a través de la siembra del lino consociado con una leguminosa.

Estos sistemas, podrían además, incrementar la cobertura del suelo, la acumulación de biomasa por unidad de área, y, consecuentemente, generar que una mayor cantidad de biomasa sea restituida al suelo luego de la cosecha, pudiendo así realizar un aporte a la conservación del mismo y a la fijación del C orgánico. Este punto ha adquirido gran importancia por los problemas asociados al Cambio climático global.

Para un mejor aprovechamiento de las prácticas de manejo señaladas como herramientas para un manejo sustentable de malezas en lino, resulta necesario profundizar el estudio de las interacciones entre los integrantes del sistema, entender los principios ecológicos que las gobiernan y evaluar el aporte que estas prácticas hacen a la sustentabilidad del agroecosistema.

BIBLIOGRAFIA

- Acciaresi, H.A. & R. Bezus.** 2002. Posibilidades y limitaciones del uso de la habilidad competitiva para el manejo de malezas en una agricultura sustentable. Capítulo 19 en Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. S.J. Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Pp: 375-389.
- Acciaresi, H.A. & S.J. Sarandón.** 2002. Manejo de malezas en una agricultura sustentable. Capítulo 17 en Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. S.J. Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Pp: 331-361.
- Acciaresi, H.A., H.O. Chidichimo & S.J. Sarandón.** 2001. *Wheat-Lolium multiflorum* competence: effect of nitrogen application onto Argentinean varieties aggressivity. Cereal Research Communications 29 N° 3-4: 451-458.
- Aceites y Grasas.** 2000. Artículo Editorial. Año 10 N° 38.
- Acosta, P.P.** 1980. Lino para semilla y fibra. Enciclopedia Argentina de Agricultura y fibra. Fascículo 12-2. Segunda Edición. Tomo II. 102 pp.
- Acosta, P.P.** 1988 ¿Porqué no se incrementa el rendimiento linero argentino? Boletín de divulgación Técnica, INTA EEA Pergamino, Argentina 71: 1-11.
- Aldrich, R.Y. & R.J. Kremer.** 1997. Principles in weed management. Ed. Iowa State University Press/Ames. 445 pp.
- Alm, D.M, L.M. Wax & E.W. Stoller.** 2000. Weed suppression for weed management in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) production systems. Weed Technology 14: 713-717.
- Altieri, M.A.** 1992. Diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones en insectos en agroecología. Capítulo 4 en Biodiversidad, agroecología, y manejo de plagas. Cetel-Ediciones. Pp: 41- 53.
- Altieri, M.** 1995. Una alternativa dentro del sistema. Ceres (FAO). Pp: 69-77.
- Altieri, M.** 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CLADES. Lima, Perú. 512 pp
- Altieri, M.** 2002. Agroecology. The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture Ecosystems and Environment 93: 1-24.
- Andreasen, C. & H. Stryhn.** 2008. Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. Weed Research 48: 1-9.
- Aranda, D.** 2010. Un freno a los agroquímicos. Diario El País. 15 de Marzo de 2010. Pg.1-2.
- Aranda, D.** 2011. Argentina: primero la salud, después los negocios. Diario El País. 18 de Marzo 2011. Link: www.biodiversidadla.org/content/view/full/62575.
- Barreyro, R.A., G.E. Sánchez Vallduví.** 2002. Delimitación del período crítico de competencia de malezas en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum*). Planta Daninha N° 3 (20): 399-403.

- Barreyro, R.A., G.E. Sánchez Vallduví, M.V. Manghi & E.Y. Andrés.** 1994. Período crítico de la competencia en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.). Revista Oleaginosos, Argentina 9: 10-14.
- Begna, S.H., R.I. Hamilton, L.M. Dwyer, D.W. Stewart, D. Cloutier, L. Assemat, K. Foroutan-Pour & D.L. Smith.** 2001. Weed biomass production response to plant spacing and corn (*Zea mays*) hybrids differing in canopy architecture. Weed Technology 15: 647-653.
- Beckie, H.J. & X. Reboud.** 2009. Selecting for weed resistance: herbicide rotation and mixture. Weed Technology 23:363-370.
- Bellinder, R.R., H.R. Dillard & D.A. Shah.** 2004. Weed seedbank community responses to crop rotation schemes. Crop Protection 23 (2): 95-101.
- Bell, A.R. & J.D. Nalewaja.** 1968. Effect of duration of wild oat competition in flax. Weed Science 16: 509-512.
- Blackshaw, R.E., J.R. Moyer, K.N. Harker & G.W. Clayton.** 2005. Integration of Practices and herbicides for sustainable weed management in a zero-till barley field pea rotation. Weed Technology 19: 190-196.
- Brack, M.A., A. Carrasco, J. Fagan, M. Habib, P. Kageyama, C. Leifert, R.O. Nodari & W. Pengue.** 2010. Soja transgênica. Sustentable? Responsable?. GLS Gemeinschaftsbank eG, Christstr. 9, 44789 Bochum, Germany. www.gls.de. Pp. 36.
- Brasesco, J.A.I.** 1969. Influencia de las malezas sobre el rendimiento de lino en Paraná (Entre Ríos). Serie Técnica, INTA Paraná, Argentina 25: 1-16.
- Brusaard, L., P.C. de Ruiter & G.G. Brown.** 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystem & Environment 121: 233-244.
- Bhowmik, P.C.,** 1997. Weed biology: importance to weed management. Weed Science 45: 349-356.
- Buhler, D.D.** 1996. Development of Alternative weed management strategies. Journal of Production Agriculture 9 (4): 501-505.
- Buhler, D.D.** 1999. Expanding the Context of Weed Management. Journal of Crop Production 2 (1): 1-7.
- Buhler, D.D.** 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Science 50 (3): 273-280.
- Buhler, D.D., R.G. Hartzler & F. Forcella.** 1997. Implications of weed seedbank dynamics to weed management. Weed Science 45: 329-336.
- Buhler, D.D., M. Liebman & J.J. Obrycki.** 2000. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. Review. Weed Science 48: 274-280.
- Cámara de la Industria aceitera de la República Argentina (CIARA).** 2011. www.ciaracec.com.ar.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).** 2011. www.casafe.org.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE) & Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA).** 2006. Información de prensa.
- Cousens, R.D. & S. Mokhtari.** 1998. Seasonal and site variability in the tolerance of wheat cultivars to interference from *Lolium rigidum*. Weed Research 38: 301-307.
- Cousens, R. & M. Mortimer.** 1995. Dynamics of weed populations. Capítulo 1: Weed population dynamics-the framework. Pp: 1-20.

- D'Antuono, L.F. & F. Rossini.** 1995. Experimental estimation of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop parameters. *Industrial Crop Products* 3: 261-271.
- de Camino, R. & S. Müller.** 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie de Documentos de Programas. 133 pp.
- Derksen, D.A., A.G. Thomas, G.P. Lafound, H.A. Loeppky & C.J. Swanton.** 1994. Impact of agronomic practices on weed communities: fallow within tillage systems. *Weed Science* 42: 184-194.
- Diepenbrock, W. & D. Iwersen.** 1989. Yield development in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Plant Research Development* 30: 104-125.
- Diepenbrock, W. & N. Porksen.** 1992. Phenotypic plasticity in growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in response to spacing and N-Nutrition. *J. Agronomy & Crop Science* 169: 46-60.
- Didon U.M.E. & M.L. Hansson.** 2002. Growth in the seedling stage of four barley cultivars at different addition rates of nutrients. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria* 332: 10 pp.
- Dollacker A. & C. Rhodes.** 2007. Integrating crop productivity and biodiversity conservation pilot initiatives developed by Bayer CropScience. *Crop protection* 26: 408-416.
- Dillard, H.R., R.R. Bellinder & D.A. Shah.** 2004. Integrated management of weeds and diseases in a cabbage cropping system. *Crop Protection* 23 (2): 163-168.
- Doll, H.** 1997. The ability of barley to compete with weeds. *Biological Agriculture and Horticulture* 14: 43-51.
- Fernandez, O.N., O.R. Vignolio & E.C. Requesens.** 2002. Competition between corn (*Zea mays*) and bermudagrass (*Cynodon dactylon*) in relation to the crop plant arrangement. *Agronomie* 22: 293-305.
- Fernandez-Quintanilla, C., M. Quadranti, P. Kudsk & P. Barberi.** 2008. Which future for weed science? *Weed research* 48: 297-301.
- Fernández-Sánchez, G. & F. Rodríguez-López.** 2010. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management- Application to infrastructure projects in Spain. *Ecological Indicators* 10: 1193-1201.
- Ferrando, J.P.** 2007. El cultivo de lino. *Agromercado* N° 266: 4-10.
- Flax Council of Canada.** 2008. www.flaxcouncil.ca.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2002. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata.* 105 (1): 53-68.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2004. Limitations of Neoclassical Economics for Evaluating Sustainability or Agricultural Systems: comparing organic and conventional systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 24 (2): 77-91.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO-AGLL,** 2002. Portal: Soil Biodiversity, Soil Biota and Biodiversity: the "Root" of Sustainable Agriculture. En: www.fao.org. Visitado el 23/6/02.111.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** 2011. FAOSTAT. www.faostat.fao.org.
- Francis, Ch.A. & G. Youngber.** 1990. Sustainable agriculture-an overview. Cap. 1 en *Sustainable agriculture in agriculture zones*. Ed. John Wiley & Sons, INC. 1-23.

- Friesen, G.H.** 1986. Effect of weed interference on yield and quality of flax seed oil. *Canadian Journal of Plant Science* 66: 1037-1040.
- Ghersa, C.M., M.L. Roush, S.R. Radosevich & S.M. Cordray.** 1994. Coevolution of agroecological systems and weed management. *BioScience* 44 (2): 85-94.
- Ghersa, C.M. & R.J.C. León.** 1999. Successional changes in agroecosystems of the rolling Pampa. En Walker L.R (Ed) *Ecosystems of disturbed ground*. Amsterdam. Pp: 487-502.
- Ghersa, C.M., E.L. Benech-Arnold, E.H. Satorre & M.A. Martinez-Ghersa.** 2000. Advances in weed management strategies. *Field Crop Research* 67: 141-148.
- Girardin, P. & C. Bockstaller.** 1997. Les indicateurs agro-ecologiques, outils pour evaluer des systems de culture. *OCL* 4: 418-426.
- Gliessman, S.R.** 2001. A necessidade de sistemas sustentáveis de produção de alimentos. Capítulo 1 en: *Agroecología. Procesos ecológicos em Agricultura Sustentable*. S.R. Gliessman. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Segunda edición. Pp: 33-58.
- Goldberg, D.E.** 1990. Components of resource competition in plant communities. In: *Perspectives in Plant Competition*. Ed. J.B. Grace & D Tillman. San Diego Academic Press. Pp: 27-49.
- Gontier M., B. Balfors & U. Mörtberg.** 2006. Biodiversity in environmental assessment-current practice and tools for prediction. *Environmental Impact Assessment Review* 26: 268-286.
- Gonzalez Ponce, R. & I. Santín.** 2001. Competitive ability of wheat cultivars with oats depending on nitrogen fertilization. *Agronomie* 21: 119-125.
- Green, A.G.** 1986. A mutant genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. *Canadian Journal of Plant Science* 66: 499-503.
- Gruenhagen, R.D. & J.D. Nalewaja.** 1969. Competition between flax and wild buckwheat. *Weed Science* 17: 380-384.
- Guglielmini, A.C., D. Batlla & R.L. Benech Arnold.** 2003. Bases para el control y manejo de malezas. Capítulo 21 en *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Satorre E.H., R.L. Benech-Arnold, G.A. Slafer, E.B. de la Fuente, D.J. Miralles, M.E. Otegui & R. Savín Editores. Ed Facultad de Agronomía Universidad de Bs. As. Pp : 280-611.
- Hartzler, R.G.,** 1997. Crop Weed interactions. integrated Pest management. Iowa State university Extension. Pp: 1-8.
- Harte, M.J.,** 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.
- Hecht, S.B.** 1997. La evolución del pensamiento ecológico. Capítulo 1 en *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. M. Altieri. CIED. Pp: 35-59.
- Holman, J.D., A.J. Bussan, B.D. Maxwell, P.R. Miller & J.A. Mickelson.** 2004. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian darnel (*Lolium persicum*) interference. *Weed Technology* 18: 509-520.
- Ikerd, J.E.** 1990. *Agricultura Sostenible*. Series AS N° 10. Publicación interna, INTA. Pp. 12.
- INTA.** 2005. Programa Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico para la pequeña agricultura familiar. Documento base. Abril de 2005.
- Khanh T.D., M.I. Cheng, T.D. Xuan & S. Tawata.** 2005. Cropping and Forage Systems/Crop Ecology/Organic Farming. The exploitation of crop allelopathy in

- sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy & Crop Science* 191: 172-184.
- Liebman, M. & A.S. Davis.** 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-inputs farming systems. *Weed Research* 40: 27-47.
- Liebman, M. & E. Dyck.** 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3 (1): 92-122.
- Liebman, M. & R.R. Janke.** 1990. Sustainable weed management practices. Capítulo 4 en *Sustainable agriculture in agriculture zones*. Ed. John Wiley & Sons, INC. Pp: 111-141.
- Lindquist, J.L., D.A. Mortensen & B.E. Johnson.** 1998. Mechanisms of Corn Tolerance and Velvetleaf Suppressive Ability. *Agronomy Journal* 90: 787-792
- Lutman, P.J.W.** 1991. Weed control in linseed: a review. *Aspects of Applied Biology Production and protection of linseed* 28: 137-144.
- Lutman, P.J.W., F.L. Dixon & R. Risiott.** 1994. The response of four spring-sown combinable arable crops to weed competition. *Weed Research* 34:137-146.
- Llewellyn, R.S., R.K. Lindner, D.J. Pannell & S.B. Powles.** 2004. Grain grower perceptions and use of integrated weed management. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 993-1001.
- Lutman, P.J.W.** 1997. Competitive effects of weeds in linseed. The Brighton crop protection conference-weeds: 333-838. UK.
- Makowski, D., T. Dore, J. Gasquez & N. Munier-Jolain.** 2007. Modeling land use strategies to optimize crop production of ecologically important weed species. *Weed Research* 47: 202-211.
- Marshall, E.J.P.** 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society Weed Research* 43: 77-89.
- Martinez-Ghersa, M.A., C.M. Ghersa & H. Satorre** 2000. Coevolution of agricultural systems and their weed companions: implications for research. *Field crop Research* 65: 181-190.
- Meiss, H., L.L. Lagadec, N. Munier-Jolain, R. Waldhardt & S. Petit.** 2010. Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 10-16.
- Merrien, A., L. Champolivier, G. Arjauré, F. Chatenet, M. Lebrat, J.L. Lucas, A. Estragnat & R. Sgura.** 1995. Dossier Technique Lin d'hiver 1994/1995. CETIOM Décembre 95 (Version 3): 9-15.
- Metzger, M.J., R. Leemans & D. Schröter.** 2005. The multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global changes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7: 253-267.
- Metzger, M.J., M.D.A. Rounsevell, L. Acosta-Michlik, R. Leemans & D. Schröter.** 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use changes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 69-85.
- Milisich, H.** 2005. Flor de lino. *El Federal*. Año 2 N° 79: 56-59.
- Milisich, H.J. & N. Formento.** 1997. Comportamiento de cultivares de lino. Años 1992-1996. En: *Actualización técnica en el cultivo de lino*. Serie técnica N° 14. INTA Paraná. Argentina. Pp: 1-4.

- Milisich, H., N. Formento, M.R. de Saluso, L.F. de Falcon, J. Meléndez & S. Grenóvero.** 1992. Consejos prácticos para el manejo del cultivo del lino. INTA EEA Paraná, Argentina: Pp: 1-24.
- Milisich, H.J. & M.A. Gallardo.** 2008. Red de ensayos territoriales (R.E.T.) de lino (*Linum usitatissimum* L.) en la EEA Paraná. Campaña 2007/2008. www.inta.parana.gov.ar.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).** 2011. www.sagpya.mecon.gov.ar
- Norris, R.E., C.L. Rejmánek & W.C. Akey** 2001. Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: II. Barnyardgrass growth and seed production. *Weed Science* 49: 69-76.
- O'Donovan, J.T. & M.P. Sharma.** 1983. Wild oats, competition and crop losses. *Proceedings, Wild oat symposium*. Regina Canadá Pp: 27-42.
- Odum, E.P.** 1984. Properties of agroecosystems. En: Lowrance R, BR Stinner & House Ed. *Agricultural Ecosystem: Unifying concepts*. J Willey & Sons. New York: 5-81.
- Oplinger, E.S., E.A. Oelke, J.D. Doll, L.G. Bundy & R.T. Schuler.** 1989. Flax University of Minnesota. Página de internet. www.corn.agronomy.wisc.edu (visitado en septiembre de 2000).
- Organic-Market.** 2011. On line Magazine for organictrade. 25/05/2011. www.organic-market.info.
- Papa, J.C.M., E.C. Puricelli & J.C. Felizia.** 2002. Malezas tolerantes a herbicidas en soja. *Idia XXI*. Año 2, (3): 64-67.
- Parris, K.** 1999. Environmental indicators for agriculture: overview in OECD countries. En: Browe, F.M. & J.R.Crabtree, (Ed), *Environmental Indicators and Agricultural policy*. CAB International. Pp: 25-44.
- Peltzer, H.F. & L.M. Faya de Falcon.** 1991. Las malezas en el cultivo de lino en el oeste entrerriano. *Estación Experimental Agropecuaria Paraná. Serie técnica N° 56*: 1-15.
- Peltzer, S.C., A. Hashem, V.A. Osten, M.L. Gupta, A.J. Diggle, G.P. Riethmuller, A. Douglas, J.M. Moore & E.A. Koetz.** 2009. Weed management in wide-row cropping systems: a review of current practices and risks for Australian farming systems. *Crop & Pasture Science* 60: 395-406.
- Pimentel, D., Ch. Wilson, Ch. McCullum, R. Hung, P. Dwen, J. Flack, Q. Tran, T. Saltman & B. Cliff.** 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience* 47 (11): 747-757.
- Prober, S.M. & F.P. Smith.** 2009. Enhancing biodiversity persistence in intensively used agricultural landscapes: A synthesis of 30 years of research in the Western Australian wheatbelt. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132: 173-191.
- Proost, R.T., K.B. Shelly & J.K. Postle.** 1989. Protecting resources through Integrated Weed Management. *University of Wisconsin*. Pp: 1-80.
- Puricelli, E.C. & D.E. Faccini.** 2005. Effect of soybean spatial arrangement and Glyphosate dose on *Anoda cristata* demography. *Crop Protection* 24 (3): 241-249.
- Puricelli, E.C., D.E. Faccini, G.A. Orioli & M.R. Sabatini.** 2003. Spurred Anoda (*Anoda cristata*) Competition in Narrow-and Wide-Row Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 17: 446-451.
- Radosevich, S., J. Holt & C.M. Ghera.** 1997. Associations of weed and crops. Capítulo 5. *En Weed Ecology. Second Ed. Implications for management*. Pp: 163-215.

- Ramsdale, B.K., G.O. Kegode, C.G. Messersmith, J.D. Nalewaja & C.A. Nord.** 2006. Long-term effect of spring wheat-soybean cropping systems on weed populations. *Field crop research* 97: 197-208.
- PAPAL Uruguay.** 2011. Aplicaciones de agroquímicos cerca de escuelas rurales: una historia con final feliz. www.rapaluguay.org/Comunicados.
- Reynolds, H.L.** 1999. Plant Interaction: Competition. Capítulo 18 de *Handbook of Functional Plant Ecology*. Editado por Pugnaire FI y F Valladares. Pp: 649-676.
- Robinson, R.G.** 1949. The effect of flax stand on yield of flaxseed, flax straw, and weeds. *Agronomy Journal* 41: 483-484.
- Sánchez Vallduví, G.E., M.V. Manghi & R.A. Barreyro.** 1997. Efecto de la presencia de malezas en distintos períodos del cultivo de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.). *Agro-Ciencia de Chile* 13 (3): 257-263.
- Sánchez Vallduví, G.E., C.C. Flores, R.A. Barreyro, M.V. Manghi & S.J. Sarandón.** 2002. Competence of natural weed community at different stages of linseed crop development. *Crop Research* 23 (2): 269-276.
- Sánchez Vallduví, G.E., A.M. Chamorro, L.N. Tamango, R.D. Signorio & W.R. Miranda.** 2006. Suma térmica para el cumplimiento del subperíodo emergencia-visualización del corimbo en diferentes cultivares de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) en La Plata. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. La Agrometeorología y el desarrollo local. La Plata, Argentina. Actas: 115-116.
- Sánchez Vallduví, G.E. & C.C. Flores.** 2007. Acumulación y partición de la materia seca y del nitrógeno en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.). *Revista Científica Agropecuaria* 11 (2): 77-86.
- Sarandón, S.J.** 1996. Impacto ambiental de la agricultura: El enfoque agroecológico como necesidad para el logro de una agricultura sostenible. En: *Sistemas Agrícolas Sustentables*. Escuela de Graduado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo (CLADES), Quito, Ecuador. pp. 68-86.
- Sarandón, S.J.** 2002a. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la Agricultura intensiva de la revolución Verde. Capítulo 1 en *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. S.J. Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Pp: 23-47
- Sarandón, S.J.** 2002b. El desarrollo de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Capítulo 20 en *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. S.J. Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Pp: 393-414.
- Sarandón, S.J. & R. Sarandón.** 1993. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. Capítulo 19 en *Elementos de política Ambiental*. Goin J & Goñi (Ed). H Cámara de Diputados de la Pcia. de Buenos Aires. Pp: 279-286.
- Sattler, C., U.J. Nagel, A. Werner & P. Zander.** 2010. Integrated assessment of agricultural production practices to enhance sustainable development in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 10: 49-61.
- Saucke, H. & K. Ackerman.** 2006. Weed supresion in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). *Weed Research* 46: 453-461.
- Shiva, V.** 1991. "Miracle seeds" and the destruction of genetic diversity. In: *The violence of the green revolution. Third World Agriculture, Ecology and Politics*. Third World Netwoek, Pennang. Malasya: 61-112.
- Smyth, A.J. & J. Dumanski.** 1995. A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science* 75: 401-406.

- Stoate, C., N.D. Boatman, R.J. Borralho C. Rio Carvalho G.R. De Snoo & P. Eden** 2001. Ecological impacts of intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.
- St Remy, E.A. de & P.A. O'Sullivan.** 1986. Duration of Tatar buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). Interference in several crops. *Weed Science* 34: 281-286.
- Swaminathan, M.S.** 2007. Can science and technology feed the world in 2025? *Field Crop Research* 104: 3-9.
- Swanton, C.J. & S.D. Murphy.** 1996. Weed science beyond the weeds: The Role of Integrated Weed Management (IWM) in Agroecosystem Health. *Weed Science* 44: 437-445.
- Swanton, C.J. & S.F. Weise,** 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology* 5:657-663.
- Swanton, C.J., D.R. Clements & D.A. Derkesen.** 1993. Weed succession under conservation tillage: A Hierarchical Framework for Research and Management. *Weed Technology* 7: 286-297.
- Swift, M.J., A.-M.N. Izac & M. van Noordwijk.** 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113-134.
- Trenbath, B.R.** 1976. Plant interactions in Mixed Crop Communities. In *Multiple Cropping*. R.I. Papendick, A. Sánchez, G.B. Triplett (Eds.). ASA Special Publication N° 27, American of Agronomy, Madison, Wi. Pp: 129-169.
- Todoagro.** 2003. www.todoagro.com.ar
- Torquebiau, E.** 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- Turner, J.A.** 1987. Linseed law. A handbook for Growers and Advisers. Hadleigh, Suffolk, UK: Basf (UK) Ltd: 365 pp.
- United Nations Environment Programme (UNEP).** 1996. Convention on biological diversity. Disponible en <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-02/official/sbstta-02-10-en> Pdf 29 pp.
- Valenzuela, A., J. Sanhueza & A. Garrido.** 1999. Acidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3: cuándo y porqué es necesaria la suplementación con estos ácidos grasos. *Aceites y Grasas IX*: 294-302.
- Van Wenum, J.H., Wossink G.A.A. & J.A. Renkema.** 2004. Location-specific modeling for optimizing wildlife management on crop faro. *Ecological Economics* 48: 395-407.
- Viglizzo, E.F., A.J. Pordomingo, M.G. Castro & F.A. Lértora.** 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria. Ed. INTA. 1-84 pp.
- Viglizzo, E.F. & F.C. Frank.** 2006. Land-use option for Del Plata Basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecological Economics* 57: 140-151.
- Viglizzo, E.F., F.C. Frank, L.V. Carreño, E.G. Gobbágy, H. Pereyra, J. Clatt, D. Pincén & M.F. Ricard.** 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17: 959-973.
- Vitta, J., D. Faccini, L. Niesensohn, E. Puricelli, D. Tuesca & E. Leguizamón.** 1999. Las malezas en la región sojera núcleo argentina: situación actual y perspectivas. Cátedra de malezas facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. Argentina. Pp: 1-47.

- Vitta, J., D. Tuesca, E. Puricelli, L.A. Nisensohn & D.E. Faccini.** 2002. El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología Austral* 12: 83-87.
- Vitta, J., D. Tuesca & E. Puricelli.** 2004. Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness. In Argentina. *Agriculture Ecosystems & Environment* 103 N° 3: 621-624.
- Weiner, J., H.W. Griepentrog & L. Kristensen.** 2001. Suppression of weeds by crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* 38: 784-790.
- Weiss, E.** 1993. LINOLA. Un nuevo aceite comestible. *Revista Oleaginosos*. Agosto: 20-30. (Traducido de *Oil and Fats International* V: 9 N 3: 23-24, 1993 por G. Zuccarelli del INTI).
- Wicks, G.A., P.T. Nordquist, P. Stephen Baenziger, R.N. Klein, R.H. Hammons & J.E. Watkins.** 2004. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. *Weed Technology* 18: 988-998.
- Wyse, D.L.** 1994. New Technologies and Approaches for Weed Management in sustainable Agriculture Systems. *Weed Technology* 8: 403-407.
- World Commission on Environmental & Development (WCED).** 1987. Our common future. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Zimdahl, R.L.** 1991. The need for historical perspective. Capítulo 1 en: *Weed-Science. A plea for thought*. USDA Cooperative State Research Service. Washington, DC. United States Department of Agriculture. A Symposium Preprint. Pp: 1-9.
- Zimmermann, P., E. Tasser, G. Leitinger & U. Tappeiner.** 2010. Effects of land-use and land-cover pattern on landscape-scale biodiversity in the European Alps. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 13-22.

CAPITULO II

EFFECTO DE DIFERENTES PATRONES DE SIEMBRA DEL CULTIVO DE LINO OLEAGINIOSO (*Linum usitatissimum* L.) SOBRE *BRASSICA* SP. COMO ESTRATEGIA PARA UN MANEJO SUSTENTABLE DE MALEZAS

Una adaptación de este capítulo esta publicado en Biological Agriculture and Horticulture, 2007 (25): 123-131) (Anexo: I)

INTRODUCCION

Durante las últimas décadas, en la Región Pampeana Argentina se viene produciendo un proceso de simplificación de los agroecosistemas (Martinez-Ghersa et al., 2000) a partir del cual surgen sistemas con menor diversidad y mayor fragilidad ecológica (Sarandón, 2002). Un claro ejemplo de esto lo constituye la gran expansión del cultivo de soja, cuya superficie sembrada en nuestro país aumentó más del 250 % en los últimos 10 años (MAGyP, 2011). Una alternativa para modificar la tendencia hacia el monocultivo es el planteo de rotaciones adecuadas para la Región, con los beneficios que las mismas otorgan, tanto desde el punto de vista ambiental como agronómico y económico.

El cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.) fue un componente común en las rotaciones de la Región Pampeana, principalmente en las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos. Por más de treinta años se sembraron aproximadamente 800.000 ha y la Argentina fue el primer país exportador de su aceite en el mercado mundial hasta la década del '90. Sin embargo fue perdiendo importancia ante la difusión de otros cultivos más rentables y de alta respuesta al agregado de insumos. A pesar de esto, este cultivo ecológicamente adaptado para la Región Pampeana Argentina y con un creciente interés como fuente de alimentos saludables debido a su alto contenido en omega 3, sigue siendo una alternativa para ser incorporada en los sistemas de rotación de nuestra Región.

Si bien la Región Pampeana Argentina cuenta con las condiciones bioecológicas y la tecnología para su desarrollo, el cultivo tiene un rendimiento menor al alcanzado en condiciones de ensayos (Milisich et al., 1992; INTA EEA Paraná, 2002; Sánchez Vallduví, et al. 2006; Milisich & Gallardo, 2008). Esta respuesta es causada principalmente por su sensibilidad a la competencia con malezas (Lutman, 1991; Sánchez Vallduví et al., 2002), la que también puede causar un menor porcentaje de materia grasa en la semilla y,

consecuentemente, menor rendimiento en aceite por hectárea (Bell & Nalewaja, 1968; Friesen, 1986; Sánchez Vallduví et al., 2002). Las malezas más representativas que afectan al cultivo de lino son las Crucíferas, las que generalmente son controladas con herbicidas (Lutman, 1991).

En el marco de una agricultura más sustentable, se requiere de un nuevo enfoque para el manejo de las malezas. Los herbicidas deben ser, en este sentido, sólo una opción más para el manejo del cultivo. La investigación de alternativas de manejo es necesaria para minimizar el impacto negativo de las malezas y lograr un uso racional y eficiente de los recursos (Bhowmik, 1997; Buhler, 1996, 1999, 2002; FAO, 2011, Moss, 2008).

Las modificaciones en los patrones de distribución espacial y en la densidad de siembra de los cultivos son prácticas que pueden ser consideradas en el marco de un manejo sustentable de malezas (Swanton & Murphy, 1996; Hartzler, 1997). El arreglo espacial es el patrón horizontal de agregación de las plantas y puede ser un importante factor determinante del efecto de la competencia. Un patrón “triangular” o “cuadrado” puede generar un aprovechamiento ventajoso de los recursos para el cultivo y desventajoso para la maleza (Radosevich et al., 1997; Pollnac et al., 2008). Ante un arreglo de las plantas más uniforme (rectangularidad) los recursos necesarios para el crecimiento estarán mejor distribuidos entre los individuos. De esta manera, las plantas pueden responder con modificaciones morfológicas y fisiológicas que finalmente les confieran mayor competitividad.

En el cultivo de trigo se han observado diferencias en su habilidad competitiva frente a *Avena sterilis* ssp. *sterilis* L. y *Lolium multiflorum*, asociadas con una mayor altura del cultivo y mejor aprovechamiento de la luz, comportamiento que afectó la capacidad reproductiva de la maleza (González Ponce & Santín, 2001; Acciaresi et al., 2001). Wicks et al., (2004) observaron mayor capacidad supresiva de malezas en cultivares de trigo de siembras tempranas y altos. En soja de grupo de maduración VI, se observó mayor habilidad competitiva del cultivo cuando este creció en surcos distanciados a 35 cm que a 70 cm, lo cual determinó una menor biomasa y producción de semillas de *Anoda cristata* (Puricelli, et al., 2003; Puricelli & Faccini, 2005).

También se registró merma en la biomasa de malezas cuando éstas crecieron con maíz, tomate y trigo, la que fue más afectada negativamente, cuando los cultivos tuvieron una mejor distribución entre las plantas (Begna et al., 2001; Weiner et al., 2001; Norris et al., 2001; Fernandez et al. 2002) o asociado a una mayor densidad de maíz (Lindquist et al., 1998). En maíz, una menor biomasa de malezas se relacionó con una mayor cantidad de hojas activas y, consecuentemente, con un mejor aprovechamiento de la luz (Fernandez et al., 2002), mayor IAF (Lindquist et al., 1998) y con la siembra de híbridos de maíz de ciclo corto (Begna et al., 2001). En siembras de maíz en surcos sembrados a 38 cm o con

densidad mayor a 72.900 plantas/ha, se observó menor biomasa de *Chenopodium album* que a mayor distancia entre surcos o menor densidad, relacionado con una mayor intercepción de la luz por parte del cultivo especialmente en etapas tempranas de su desarrollo (Tharp & Kells, 2001). También se observó una reducción de la biomasa y de la producción de semillas de *Echinochloa crus-galli*, y la magnitud de la reducción dependió tanto de la densidad de tomate como de *Echinochloa crus-galli* (Norris, et al., 2001). La disminución del espaciamiento de trigo y el aumento de su densidad afectó negativamente la biomasa y producción de semillas de *Secale cereale* el cual crece luego de ser aprovechado como cultivo en las siembras de trigo (Roberts et al. 2001). La biomasa de *Lolium persicum* fue menor cuando el trigo, la canola o el girasol se sembraron a alta densidad (Holman et al. 2004). En maní, se registró un mejor control de malezas y ventaja en el rendimiento sembrado en surcos dobles que con el sistema de siembra tradicional (Brecke & Stephenson, 2006). En cebada, tuvieron mayor habilidad competitiva los cultivares que sombrearon más tempranamente en el ciclo del cultivo la maleza *Sinapis alba* L. afectando negativamente la biomasa de la maleza (Didon & Hansson 2002; Didon & Boston 2003)

El cultivo de lino se siembra en surcos distanciados entre 15 y 17 cm y a chorrillo en la línea. Basado en evidencias previas, la capacidad del lino para compensar sus componentes del rendimiento a distintas densidades de plantas o espaciamiento entre surcos (Blackman & Bunting, 1954; Albrechtsen & Dybing, 1973; Diepenbrock & Iwersen, 1989; Casa, et al., 1999), podría ser considerada para la selección del patrón de distribución de las plantas más adecuado para incrementar la competitividad del cultivo con las malezas (Robinson, 1949; Alessi & Power, 1970; Stevenson & Wright, 1996). Cambios en la distribución espacial y/o aumentos de la densidad de siembra del cultivo de lino pueden modificar la captura de recursos. Luego, estos cambios podrían reducir el efecto de la competencia con malezas al mejorar su capacidad para competir debido a una mejor utilización de los recursos.

Hipótesis:

- *La siembra del lino con un espaciamiento más equidistante entre plantas favorece la captura de recursos por parte del cultivo, mejorando su capacidad competitiva y determina una menor disponibilidad de recursos para la maleza.*
- *El aumento de la densidad de siembra del cultivo de lino favorece la captura de recursos por parte del cultivo, mejorando su capacidad competitiva y determina una menor disponibilidad de recursos en relación a la maleza.*

Objetivo:

- Evaluar el efecto de la densidad de siembra y el arreglo espacial del cultivo de lino sobre su capacidad competitiva y su relación con el rendimiento, la acumulación de biomasa y nitrógeno.

MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo una experiencia durante 1999 en el campo de la Estación Experimental Julio Hirschorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (34° 52' LS, altura snm 15 m). El ensayo se implantó sobre un suelo *Argiudol típico*, cuyos datos analíticos del horizonte superficial (0-20 cm) previo a la siembra fueron: 38 g kg⁻¹ de materia orgánica, 1,9 g kg⁻¹ de N total, 11,5 mg kg⁻¹ de P disponible (Bray Kurt I) y pH 6,2.

El suelo se preparó de manera tradicional para cultivos de invierno en la zona, usando arado de rejas y vertedera, rastra de discos y rastra de dientes.

Con el fin de regular el efecto de la competencia, y disminuir el error experimental se utilizó *Brassica napus ssp. oleifera* forma *annua* como cultivo simulador de malezas Crucíferas, metodología utilizada por diversos autores (Marshall et al., 1995; Lutman, 1997, Sánchez Vallduví et al., 2002). Los tratamientos consistieron en la combinación de dos densidades de siembra de lino, y dos arreglos espaciales, sembrado con y sin *Brassica* y de la *Brassica* en su monocultura.

Tratamientos:

- 1- Lino a densidad normal sembrado en surco.
- 2- Lino a densidad normal sembrado al voleo.
- 3- Lino a densidad alta sembrado en surco.
- 4- Lino a densidad alta sembrado al voleo.
- 5- Lino a densidad normal sembrado en surco + *Brassica*.
- 6- Lino a densidad normal sembrado al voleo + *Brassica*.
- 7- Lino a densidad alta sembrado en surco + *Brassica*.
- 8- Lino a densidad alta sembrado al voleo + *Brassica*.
- 9- Monocultura de *Brassica*.

Se utilizaron parcelas de 9,10 x 1,4 m (12,70 m²) con un diseño en bloques al azar con un arreglo con 4 repeticiones. Se empleó un diseño aditivo, donde la densidad de cada componente en la mezcla fue la misma que su equivalente en monocultura (Snaydon, 1991). Se sembraron 800 y 1.600 semillas de lino m⁻² para la densidad normal y alta respectivamente y 50 semillas m⁻² de *Brassica*.

Se sembró la variedad de lino ProINTA Omega, el 15 de Junio en forma mecánica en las parcelas en surco y manualmente en los tratamientos al voleo. Para la siembra del lino con el arreglo espacial en surcos se utilizó una máquina sembradora experimental de conos de grano fino, con siete surcos distanciados a 0,20 m entre sí (marca Forti) y la siembra al voleo se realizó manualmente. La semilla de *Brassica* se sembró al voleo en el mismo momento que el lino y se tapó con rastrillo. Para aumentar el volumen de la semilla de *Brassica* se esterilizó semilla de la misma especie en autoclave usándosela como inerte. En los tratamientos que requirieron control de malezas para garantizar la competencia sólo por la *Brassica* se desmalezaron manualmente.

Se registró la ontogenia del cultivo (Tabla 2.1) y las precipitaciones mensuales (mm) y las temperaturas medias mensuales (°C) durante el ciclo e históricas para la zona (Figura 2.1). Las precipitaciones y temperaturas fueron registradas en la estación automática modelo Davis Groweather de la Estación Experimental Julio Hirschorn de la UNLP.

Tabla 2.1: Desarrollo ontogénico del cultivo de lino expresado en días después de la siembra (DDS). La Plata, 1999.

PERIODO	CARACTERÍSTICAS	DDS 1999
Siembra-Emergencia	-----	18
Siembra-10 cm de altura	80 % de plantas con 10 cm de altura	45
Siembra 1° botones florales	10 % de las plantas con primeros botones florales	83
Siembra-Fin de floración	80 % de las flores abiertas	114
Siembra-Cosecha	-----	171

Determinaciones:

Se cosecharon 0,3 m² de *Brassica* antes de la dehiscencia de las silicuas. En madurez de cosecha del lino (22 de Diciembre) se tomaron muestras al azar en total competencia de igual tamaño que la de maleza en cada parcela, de la biomasa aérea del lino.

En el lino muestreado en madurez se evaluó: número de plantas m^{-2} , biomasa aérea total, rendimiento en semilla, peso de mil semillas, número de semillas por m^{-2} , altura de planta, índice de cosecha (IC), contenido de N en semilla, contenido total de N en biomasa aérea, la eficiencia de uso de N del lino para el rendimiento (EUN), la eficiencia de partición del N a la semilla, el porcentaje de N en planta entera y porcentaje y rendimiento de aceite en la semilla.

Sobre la maleza (Brassica) se evaluó el peso de semillas, biomasa aérea, número de semillas, peso de mil semillas (PMS), N en las semillas, N total y la eficiencia en el uso del N para rendimiento en semilla (EUN).

El peso seco se determinó llevando el material a estufa a 60 °C hasta peso constante. El contenido de N se determinó por el método Micro Kjeldahl (AACC, 1983) con el material molido previamente con un molino triturador Orto. La eficiencia de uso del N (EUN) se calculó como: el peso de la semilla en g/el total de N acumulado en biomasa aérea total en madurez.

La eficiencia en la partición del N del lino se evaluó mediante el Índice de Cosecha de N (ICN), calculado como:

ICN: g de N en la semilla/g de N en biomasa aérea total en madurez

El porcentaje de N en planta entera de lino se calculó como: (g de N acumulado en biomasa aérea total en madurez /g de biomasa aérea total en madurez)x100.

Para la determinación del porcentaje de aceite en la semilla se utilizó el método Soxhlet (Iribarren, 1983) y se calculó el rendimiento en aceite en base al rendimiento en semilla y el % de materia grasa en la semilla obtenido.

Se calculó la habilidad competitiva del cultivo, entendiendo esta como la capacidad de un componente (especie, población o genotipo) de obtener recursos cuando crece junto con otro componente. Se evaluó mediante el *índice de agresividad* (AGR) propuesto por McGilchrist & Trenbath, (1971). Este índice expresa la diferencia entre los rendimientos relativos de ambos componentes de la mezcla utilizando la fórmula:

$$AGR: R_{LM}/R_{LL} - R_{ML}/R_{MM}$$

Donde, R_{LM}/R_{LL} (RyL): rendimiento relativo de L (lino), R_{LL} : rendimiento de "L" en su monocultura, R_{LM} : rendimiento de "L" cuando crece junto con "M". R_{ML}/R_{MM} (RyM): rendimiento relativo de M (maleza), R_{MM} : rendimiento de "M" cuando crece en su monocultura, R_{ML} : rendimiento de "M" cuando crece junto con "L".

El valor obtenido indica el grado de apropiación de los recursos, resultando un cultivo más agresivo cuanto mayor es el valor alcanzado.

Análisis estadístico:

Los resultados se sometieron al análisis de la varianza utilizando el programa Statgraphics plus, y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad.

RESULTADOS

Condiciones de crecimiento:

En la figura 2.1 se resumen las condiciones de temperatura y precipitaciones ocurridas durante la experiencia y el promedio histórico. Las precipitaciones registradas de siembra a cosecha del lino fueron de 508,3 mm, siendo el promedio histórico de Junio a Diciembre de 516,1, por lo que el registro durante el ensayo fue dentro de los normales para el sitio. Si bien en Octubre se registró un valor de precipitaciones inferiores a las normales del mes, estas ocurrieron principalmente a partir de la visualización de los primeros botones florales, por lo que el cultivo tuvo disponibilidad hídrica en su período crítico para este recurso.

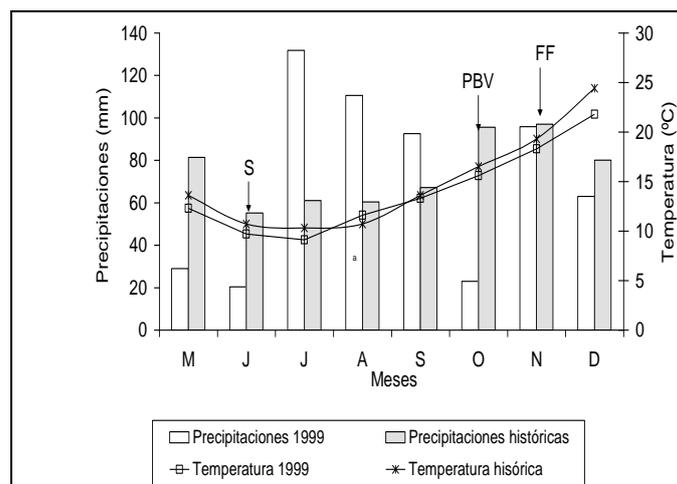


Figura 2.1: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo de lino 1999, temperaturas históricas (1969-2008) y precipitaciones históricas (1964-2008). La Plata.

Comportamiento del lino y malezas en los sistemas evaluados:

Biomasa en madurez, rendimiento, componentes del rendimiento, índice de cosecha y altura de planta del cultivo de lino (Tabla 2.2):

La población de lino instalada fue en promedio, de 413 plantas m⁻² para la densidad normal y 766 para la densidad alta y el número de plantas logradas de *Brassica* (maleza) fue de 44 plantas m⁻². El rendimiento promedio de todos los tratamientos con lino fue de 1209 kg ha⁻¹.

Hubo interacción significativa para el arreglo espacial y la presencia o no de maleza para el porcentaje de aceite en la semilla. No se observó interacción para las otras variables analizadas. La presencia de malezas disminuyó el porcentaje de materia grasa sólo cuando se sembró en surco pero no al voleo (Figura 2.2).

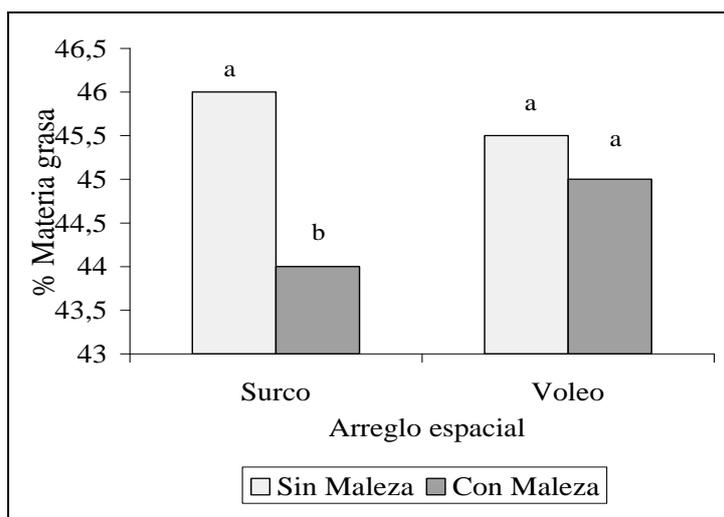


Figura 2.2: Porcentaje de materia grasa en la semilla de lino sembrado en surcos o al voleo y con la presencia o no de malezas. La Plata, 1999.

Barras seguidas con letras iguales para cada arreglo espacial, no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

El rendimiento en semilla y aceite y la biomasa aérea total en madurez del lino fueron reducidos por la presencia de maleza, en un 19, 21 y 16 % respectivamente, comportamiento asociado a un menor número de semillas por metro cuadrado.

La siembra a alta densidad, determinó una mayor biomasa y rendimiento en semilla y aceite del lino que a la densidad normal, con valores de 21, 12 y 12 % más respectivamente, con un mayor número de semillas por metro cuadrado y un menor índice de cosecha.

En la siembra en surcos se observó una mejor implantación del cultivo que se tradujo en un mayor número de plantas m^{-2} comparado con la siembra al voleo. El número de plantas m^{-2} logradas fue de 513 y 665 en la siembra al voleo y en surcos respectivamente. Sin embargo, el menor número de plantas no influyó en el número de semillas por m^2 ni en el rendimiento, demostrando la capacidad compensatoria del cultivo. No hubo diferencias entre los dos arreglos espaciales para ninguna de las otras variables evaluadas (Tabla 2.2).

La altura de planta en madurez de cosecha del lino no se modificó por ningún factor y nivel de análisis.

Tabla 2.2: Rendimiento en semilla (Rend), Biomasa aérea total (Biom), Índice de cosecha (IC), plantas m^{-2} (PI), peso de mil semillas (PMS), semillas m^{-2} (Sem), rendimiento en materia grasa (peso MG) y altura de planta de lino sembrado a dos densidades, dos arreglos espaciales y con la presencia o la ausencia de maleza (*Brassica*). La Plata, 1999.

Factor	Nivel	Rend (gm^2)	Biom (gm^2)	IC	PI (m^2)	PMS	Sem (m^2) (x1000)	Peso MG (gm^2)	Altura (cm)
Grado de en- malezamiento	S/Maleza	134 a	503 a	0,27 a	608 a	6,9 a	22,7 a	61 a	72 a
	C/Maleza	108 b	424 b	0,26 a	570 a	6,0 a	17,8 b	48 b	73 a
Densidad de cultivo	Normal	113 b	407 b	0,28 a	413 b	6,0 a	18,6 b	51 b	72 a
	Alta	129 a	521 a	0,25 b	766 a	5,6 a	21,8 a	58 a	74 a
Arreglo espa- cial del cultivo	Surco	120 a	472 a	0,26 a	665 a	5,6 a	20,8 a	56 a	72 a
	Voleo	122 a	456 a	0,27 a	513 b	6,0 a	19,6 a	53 a	74 a
CV %		16	18,5	5,9	29,8	4,4	16,1	14,8	8,5

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Acumulación de nitrógeno de lino

La acumulación de N en la semilla y en la biomasa aérea total del lino en madurez fue reducida por la presencia de maleza, independientemente de la densidad y del arreglo espacial (interacciones no significativas). Se observó un porcentaje de disminución semejante al observado para el rendimiento con un valor promedio de todos los tratamientos de 36 kg ha⁻¹ de N acumulado en la semilla y que la presencia de malezas disminuyó la eficiencia en el uso del N del lino.

La siembra a alta densidad, determinó una mayor acumulación de N en semilla y biomasa aérea en madurez del lino que a la densidad normal, pero una menor eficiencia en el uso del nitrógeno.

No se observaron diferencias en el aprovechamiento de N según el arreglo espacial. El porcentaje de N en planta entera y el ICN del lino no se modificaron por ningún factor y nivel de análisis (Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Nitrógeno acumulado en semilla (Nsem), total (Ntotal), porcentaje de nitrógeno en planta entera (%N en planta), eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) e índice de cosecha de N (ICN) de lino sembrado a dos densidades, dos arreglos espaciales y con la presencia o la ausencia de maleza (*Brassica*). La Plata 1999.

Factor	Nivel	Nsem (gm ²)	Ntotal (gm ²)	%N en planta	EUN	ICN
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	3,9 a	5,71 a	1,14 a	24 a	0,67 a
	C/ maleza	3,3 b	4,95 b	1,17 a	22 b	0,67 a
Densidad de cultivo	Normal	3,2 b	4,68 b	1,15 a	24 b	0,68 a
	Alta	4,0 a	5,98 a	1,16 a	22 a	0,67 a
Arreglo espacial del cultivo	Surco	3,7 a	5,45 a	1,16 a	23 a	0,68 a
	Voleo	3,5 a	5,21 a	1,15 a	22 a	0,67 a
CV %		3,6	8,8	6,3	8	4,9

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 % de probabilidad según la prueba de Tukey.

Habilidad competitiva del cultivo de lino y su capacidad supresita

El rendimiento relativo para semilla del lino tuvo un valor medio de 0,83 y el de la maleza fue de 0,58. Para el rendimiento relativo de la biomasa se observó interacción significativa entre densidad y arreglo espacial de siembra. La siembra al voleo disminuyó la habilidad competitiva del lino cuando este se sembró a alta densidad, no diferenciándose entre arreglos espaciales cuando la siembra se realizó a densidad normal (Figura 2.3).

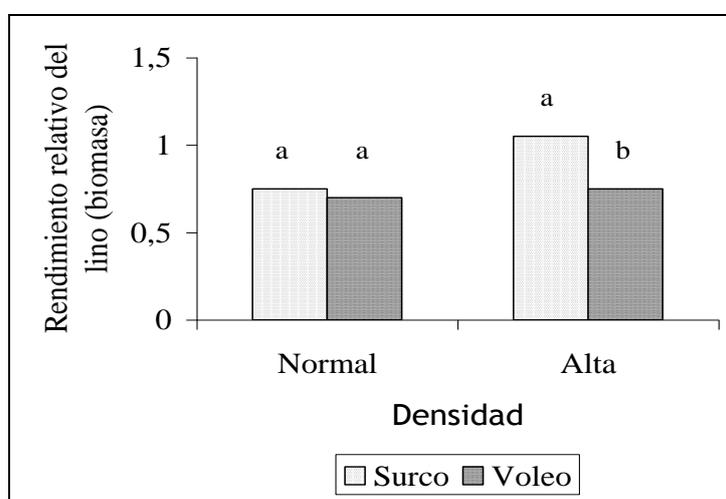


Figura 2.3: Rendimiento relativo para biomasa de lino a dos densidades de siembra y en siembra en surco o al voleo. La Plata, 1999.

Barras seguidas con letras iguales para cada nivel (normal o alta), no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

El cultivo de lino fue más agresivo que la maleza en todos los sistemas evaluados. No se registraron diferencias en el índice de agresividad ni para semilla ni biomasa, cuyo índice de agresividad varió entre 0,29 y 0,21. La producción de semillas de maleza tuvo una reducción de alrededor de 40 %. La biomasa aérea total, el número de semillas y el N acumulado por unidad de superficie también disminuyeron en las parcelas con lino respecto a las parcelas puras, independientemente de la densidad del cultivo utilizada. El número de semillas m^{-2} fue el componente más afectado, y disminuyó hasta un 66 % (Tabla 2.4).

Tabla 2.4: producción de semillas (peso sem), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biom total), índice de cosecha (IC), número de semillas por m² (Sem m²) y peso de mil semillas (PMS) de *Brassica* cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra y dos arreglos espaciales. La Plata 1999.

Tratamientos	Peso sem (gm ²)	Biom total (gm ²)	IC	Sem (m ²) (x1000)	PMS
Lino a densidad normal y siembra al voleo + <i>Brassica</i>	20 b	153 ab	0,13 b	11,0 b	1,9 bc
Lino a densidad normal y siembra en surcos + <i>Brassica</i>	16 b	112 b	0,16 ab	8,2 b	1,9 bc
Lino a densidad alta y siembra al voleo + <i>Brassica</i>	20 b	94 b	0,21 ab	9,2 b	2,2 ab
Lino a densidad alta y siembra en surcos + <i>Brassica</i>	23 ab	95 b	0,23 a	8,6 b	2,6 a
Monocultura de <i>Brassica</i>	32 a	226 a	0,14 ab	24,2 a	1,4 c
CV %	17	24	18	15,9	14

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

La eficiencia en el uso del N de *Brassica* fue entre un 72 y 78 % mayor en parcelas donde el lino se sembró a alta densidad en ambos arreglos espaciales que en las parcelas puras. En estos tratamientos también se observó una mayor producción de semilla por cada unidad de N movilizado (mayor eficiencia en el aprovechamiento del N) respecto a su parcela pura (Tabla 2.5).

Tabla 2.5: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de la maleza ante distinta densidad de siembra de lino y a dos arreglos espaciales. La Plata, 1999.

Tratamientos	Nsem (gm ²)	Ntotal (gm ²)	ICN	%N en planta	EUN (rend./N total)
Lino a densidad normal y siembra al voleo + <i>Brassica</i>	0,56 b	1,1 b	0,50 b	0,74 a	18 ab
Lino a densidad normal y siembra en surcos + <i>Brassica</i>	0,56 b	1 b	0,58 ab	0,88 a	18 ab
Lino a densidad alta y siembra al voleo + <i>Brassica</i>	0,53 b	0,8 b	0,65 a	0,86 a	25 a
Lino a densidad alta y siembra en surcos + <i>Brassica</i>	0,66 b	1 b	0,68 a	0,98 a	24 a
Monocultura de <i>Brassica</i>	1,1 a	2,2 a	0,40 b	1,00 a	14 b
CV %	22	19	8,8	13	16

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

DISCUSION

Los resultados de este ensayo confirman la sensibilidad del lino a la competencia con malezas (Lutman, 1991; Sánchez Vallduví *et al.*, 2002). La merma del rendimiento en semilla del lino (20 %) en las parcelas enmalezadas con *Brassica*, se relacionó con un menor número de semillas por planta, confirmando que este componente del rendimiento es altamente afectado por la competencia (Robinson, 1949; Alessi y Power, 1970 y Stevenson y Wright, 1996) y sugiere que toda práctica que tienda a aumentar el número de semillas por planta, puede mejorar la capacidad compensatoria del cultivo. La presencia de malezas también afectó negativamente la producción de aceite tal como fue señalado por Bell & Nalewaja, (1968); Friesen, (1986) y Sánchez Vallduví *et al.*, (2002). En las condiciones de este ensayo, el mayor porcentaje de materia grasa acumulado en la semilla de lino cuando este creció sin presencia de malezas y sembrado en el surco, respecto al cultivo enmalezado bajo ese arreglo espacial, sugiere que en esas condiciones el cultivo pudo capturar mejor los recursos como para aumentar la acumulación de la materia grasa en la

semilla, respecto al cultivo enmalezado. Esta situación no ocurrió en la siembra al voleo, posiblemente debido al menor número de plantas logradas en ese arreglo espacial, lo cual es frecuente ocurra en el campo. Esta falla en la implantación del lino cuando se sembró al voleo impidió evaluar la captura de recursos ya que la distribución azarosa fue solapada por la menor densidad alcanzada en ese arreglo espacial. Queda aún por determinar que ocurriría con una distribución de plantas de lino mejor, respecto a la siembra en surcos en relación a la captura de recursos necesarios y la acumulación de la materia grasa en la semilla de lino con la presencia o no de malezas.

El mayor número de semillas por planta de lino que se observó en la siembra al voleo respecto a los tratamientos con siembra en surcos, permitió la compensación del rendimiento. No se encontró un mejor uso de los recursos con el cambio del arreglo espacial como fue señalado por Radosevich *et al.*, (1997) y Pollnac *et al.*, 2008, y fue observado en trigo (Acciaresi *et al.*, 2001; Gonzalez Ponce & Santín, 2001;), en soja (Puricelli *et al.*, 2003; Puricelli & Faccini, 2005) y en maíz (Lindquist *et al.*, 1998). Esto fue probablemente debido a los inconvenientes en el establecimiento del cultivo, tal como la desuniformidad en tiempo y espacio de la emergencia. Sin embargo, la siembra al voleo puede proveer otras ventajas tales como una cobertura más temprana del suelo, semejante a lo encontrado en híbridos de maíz de maduración temprana (Begna *et al.*, 2001) o en cultivo de maíz con alta producción de hojas activas (Fernandez *et al.*, 2002). En contraste a lo observado por Albrechtsen & Dybing (1973); Diepenbrock & Iwersen (1989) y Casal *et al.* (1999), cuando el lino fue sembrado a densidad normal (413 plantas.m⁻²), la producción de semillas por planta no fue suficiente como para compensar su menor rendimiento respecto al sembrado con la densidad alta (766 plantas m⁻²). Estos resultados sugieren la posibilidad de sembrar el lino con una densidad alta para aumentar más la biomasa y mejorar su habilidad competitiva. La mayor biomasa del cultivo puede traducirse en una mayor cobertura y un mayor aporte de residuos al suelo luego de la cosecha, lo que favorecería el contenido de materia orgánica restituído al suelo y la sustentabilidad del sistema. El lino sembrado a densidad alta mostró una alta captura de N pero menos eficiente en el aprovechamiento del mismo (EUN) que a densidad normal. Sin embargo, la mayor acumulación de N indica una mejor utilización de este recurso, sugiriendo, teóricamente, una menor disponibilidad del mismo para la maleza. Este aspecto constituye una importante característica a considerar para un uso racional de los recursos como fue señalado por Bhowmik, (1997) y Buhler, (1996, 1999, 2002).

Brassica, representando sólo un 10 % del número total de plantas en la asociación lino-*Brassica*, causó una reducción del 20 % del rendimiento del lino y del 16 % de su biomasa aérea. Esto sugiere que la habilidad de *Brassica* para capturar los recursos disponibles es mayor que la del lino. Comportamiento que se ve reflejado en la mayor producción de semilla por cada unidad de N movilizado por *Brassica* (mayor eficiencia en el

aprovechamiento del N) cuando creció junto con el lino principalmente a densidad alta respecto a su monocultura, mientras que en el lino se observó la situación inversa. Sin embargo, en los sistemas de siembra evaluados, la habilidad competitiva del cultivo fue mayor que la maleza. Los valores medios registrados del rendimiento relativo para semilla de 0,83 para el lino y 0,58 para la maleza, sugieren que esos sistemas de siembra resultaron más limitantes en el uso de los recursos para la maleza que para el sistema cultivado. La captura de los recursos fue más favorable para el sistema cultivado cuando este se sembró a densidad alta y en surco que al voleo, lo cual se visualiza a través del mayor rendimiento relativo para biomasa registrado en ese sistema de siembra.

La menor biomasa aérea, peso de semillas, número de semillas y N acumulado por *Brassica* cuando ésta creció junto con el lino, indican un efecto negativo del cultivo sobre los procesos reproductivos de las plantas de maleza, actuando como cultivo supresor, del mismo modo que se observó en otros cultivos (Doll, 1997; Begna *et al.*, 2001; Norris *et al.*, 2001; Roberts *et al.*, 2001; Tharp & Kells 2001; Weiner *et al.*, 2001; Didon & Hansson 2002; Fernandez *et al.*, 2002; Didon & Boston 2003; Wicks *et al.* 2004; Holman *et al.* 2004; Brecke & Stephenson, 2006). El componente del rendimiento más afectado fue el número de semillas m² (64 % menor) indicando un impacto del cultivo de lino sobre las futuras generaciones de malezas y el banco de semillas.

La mayor biomasa producida por el lino cuando este creció a alta densidad y el efecto negativo sobre la capacidad reproductiva de *Brassica* cuando ésta especie creció junto con el lino, sugieren que el manejo de la densidad no debe descartarse como una alternativa para el mejoramiento de la habilidad competitiva del cultivo.

A pesar de las diferencias observadas en el número de plantas entre la siembra al voleo o en surcos, la capacidad compensatoria del lino no llevó a diferencias en el rendimiento entre ambos sistemas de siembra, y no mejoró su comportamiento con las malezas. El menor número de plantas establecidas en la siembra al voleo representa lo que ocurre en el campo cuando el lino se siembra bajo ese sistema, lo cual sugiere que la siembra en surco es el sistema más adecuado. Por este motivo, y asociado a un crecimiento en porcentaje de siembra directa, principalmente en la provincia de Entre Ríos, el sistema de siembra más utilizado por los productores es en surco.

Es importante considerar que las estrategias propuestas están limitadas por el lento crecimiento inicial del cultivo de lino y su baja competitividad, especialmente en competencia con una especie de rápido crecimiento inicial como es el caso con *Brassica*. Además, están basados en la utilización de una única maleza como modelo, lo cual puede limitar el alcance de las conclusiones, lo cual está determinado por la metodología adoptada. Sin embargo, los resultados observados sugieren la necesidad de estudiar la posibilidad de integrar estas técnicas con otras estrategias de manejo de malezas (Swanton & Murphy, 1996; Hartzler,

1997), evaluando a su vez, los efectos a largo plazo de estas prácticas sobre la dinámica de malezas.

CONCLUSIONES

- ✓ La siembra del lino a alta densidad mejora la captura de recursos del cultivo (visualizado a través de una mayor biomasa y nitrógeno) lo que mejora su capacidad competitiva cuando el mismo se siembra en surco y determina menos recursos disponibles para las malezas.
- ✓ El sistema de cultivo de lino, independientemente de su densidad de siembra y arreglo espacial, determina una reducción de la producción de semilla de maleza y consecuentemente, una disminución en el banco de semillas.

BIBLIOGRAFIA

- American Association of Cereal Chemists (AACC).** 1983. Approved methods 46-3 of the AACC 8th ed. Aacc; St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Acciaresi, H.A., H.O. Chidichimo & S.J. Sarandón.** 2001. Trails related to competitive ability of wheat (*Triticum aestivum*) varieties against Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Biological Agriculture and Horticulture* 19: 275-286.
- Albrechtsen, R.S. & C.D. Dybing.** 1973. Influence of seeding rate upon seed and oil yield and their components in flax. *Crop Science* 13: 277-280.
- Alessi, J. & J.F. Power.** 1970. Influence of row spacing, irrigation, and weeds on Dryland flax yield, quality, and water use. *Agronomy Journal* 62: 635-637.
- Bell, A.R. & J.D. Nalewaja.** 1968. Effect of duration of wild oat competition in flax. *Weed Science* 16: 509-512.
- Begna, S.H., R.I Hamilton, L.M. Dwyer, D.W. Stewart, D. Cloutier, L. Assemat, K. Foroutan-Pour & D.L. Smith.** 2001. Weed biomass production response to plant spacing and corn (*Zea mays*) hybrids differing in canopy architecture. *Weed Technology* 15: 647-653.
- Bhowmik, P.C.** 1997. Weed biology: importance to weed management. *Weed Science* 45: 349-356.
- Blackman, G.E. & E.S. Bunting.** 1954. Studies in oil-seed crops II. An assessment of the interrelationships between plant development and seed production in linseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Agricultural Science* 45 (1): 3-9.
- Brecke, B.J. & D.O. Stephenson.** 2006. Weed management in single- vs. twin- row peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Weed Technology* 20: 368-376.
- Buhler, D.D.** 1996. Development of alternative weed management strategies. *Journal of Production Agriculture* 9 N° 4: 501-505.

- Buhler, D.D.** 1999. Expanding the context of weed management. *Journal of Crop Production* 2 N° 1: 1-7.
- Buhler, D.D.** 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* 50 (3): 273-280.
- Casa, R., G. Russell, B. Lo Cascio & F. Rossini.** 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European Journal of Agronomy* 11: 267-278.
- Diepenbrock, W. & D. Iwersen.** 1989. Yield development in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Plant Research development* 30: 104-125.
- Didon, U.M.E. & U. Bostaön.** 2003. Growth and development of six barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L.) cultivars in response to model weed (*Sinapsis alba* L.). *Journal Agronomy & Crop Science* 189: 409-417.
- Didon, U.M.E. & M.L. Hansson.** 2002. Competition between six spring barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L.) cultivars and two weed flora in relation to interception of photosynthetic active radiation. *Biological Agriculture and Horticulture* 20: 257-273.
- FAO.** 2011. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Manejo integrado de Malezas. www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/CD27-Spanish/wm/weeds.pdf Pp.22.
- Fernandez, O.N., Vignolio & O.R., Requesens, E.C.** 2002. Competition between corn (*Zea mays*) and bermudagrass (*Cynodon dactylon*) in relation to the crop plant arrangement. *Agronomie* 22: 293-305.
- Friesen, G.H.** 1986. Effect of weed interference on yield and quality of flax seed oil. *Canadian Journal of Plant Science* 66: 1037-1040.
- Gonzalez Ponce, R. & I. Santín.** 2001. Competitive ability of wheat cultivars with oats depending on nitrogen fertilization. *Agronomie* 21: 119-125.
- Hartzer, R.G.** 1997. Crop Weed interactions: Integrated Pest Management. Iowa State University. University Extension. 1-8 pp.
- Holman, J.D., A.J. Bussan, B.D. Maxwell, P.R. Miller & J.A. Mickelson.** 2004. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian darnel (*Lolium persicum*) interference. *Weed Technology* 18: 509-520.
- INTA EEA Paraná.** 2002. Actualización técnica Trigo y Lino. Serie técnica N° 22. Centro Regional Entre Ríos. 1-56 pp.
- Iribarren, C.A.** 1983. Determinación de la calidad de los cereales y oleaginosas. Editado por la cooperativa Amigos de las Escuelas de Recibidores de granos. 365 pp.
- Lindquist, J.L., D.A. Mortensen & B.E. Johnson.** 1998. Mechanisms of corn tolerance and velvetleaf suppressive ability. *Agronomy Journal* 90: 787-792
- Lutman, P.J.W.** 1991. Weed control in linseed: a review. *Aspects of Applied Biology* 28: 137-144.
- Lutman, P.J.W.** 1997. Competitive effects of weeds in linseed. The Brighton crop protection conference-weeds. Brighton, England. 333-838 pp.
- Marshall, G., C.M. Hack & K.C. Kirkwood.** 1995. Volunteer barley interference in fibre flax (*Linum usitatissimum* L.). *Weed Research* 35: 51-56.
- Martinez-Ghersa, M.A., C.M. Ghersa & E.H. Satorre.** 2000. Coevolution of agricultural systems and their weed companions: implications for research. *Field crop Research* 65: 181-190.

- McGilchrist, C.A & B.R. Trenbath.** 1971. A revised analysis of plant competition experiments. *Biometrics* 27: 659-671.
- Milisich, H., N. Formento, M.R. de Saluso, L.F. de Falcon, J. Meléndez & S. Grenóvero.** 1992. Consejos prácticos para el manejo del cultivo del lino. INTA EEA Paraná, Argentina. 1-24 pp.
- Milisich, H.J. & M.A. Gallardo.** 2008. Red de ensayos territoriales (R.E.T.) de lino (*Linum usitatissimum* L.) en la EEA Paraná. Campaña 2007/2008. www.inta.parana.gov.ar.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).** 2011. www.sagpya.mecon.gov.ar.
- Moss, S.R.** 2008. Weed research: is it delivering what it should? *Weed Research* 48 (5): 389-393.
- Norris, R.E., C.L. Rejmánek & W.C. Akey.** 2001. Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: II. Barnyardgrass growth and seed production. *Weed Science* 49: 69-76.
- Pollnac, F.W., L.J. Rew, B.D. Maxwell & F.D. Menalled.** 2008. Spatial patterns, species richness and cover in weed communities of organic and conventional no-tillage spring wheat systems. *Weed Research* 48: 398-407.
- Puricelli, E.C., D.E. Faccini, G.A. Orioli & M.R. Sabatini.** 2003. Spurred Anoda (*Anoda cristata*) Competition in Narrow-and Wide-Row Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 17: 446-451.
- Puricelli E.C. & D.E. Faccini.** 2005. Effect of soybean spatial arrangement and Glyphosate dose on *Anoda cristata* demography. *Crop Protection* 24 N° 3: 241-249.
- Radosevich S., J. Holt & C.M. Ghera.** 1997. Associations of weed and crops. Capítulo 5. En *Weed Ecology*. Second Ed. Implications for management pp: 163-215.
- Robinson, R.G.** 1949. The effect of flax stand on yield of flaxseed, flax straw, and weeds. *Agronomy Journal* 41:483-484.
- Sarandón, S.J.** 2002. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la Agricultura intensiva de la revolución Verde. Capítulo 1: 23-47. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas.
- Sánchez Vallduví, G.E., C.C. Flores, R.A. Barreyro, M.V. Manghi & S.J. Sarandón.** 2002. Competence of natural weed community at different moments of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop development. *Crops Research* 23 N° 2: 269-276.
- Sánchez Vallduví, G.E., A.M. Chamorro, L.N. Tamango, R.D. Signorio & W.R. Miranda.** 2006. Suma térmica para el cumplimiento del subperíodo emergencia-visualización del corimbo en diferentes cultivares de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) en La Plata. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. La Agrometeorología y el desarrollo local. La Plata, Argentina. Actas: 115-116.
- Snaydon, R.W.** 1991. Replacement or additive designs for competition studies? *Journal of Applied Ecology* 28: 930-946.
- Stevenson, F.C. & A.T. Wright.** 1996. Seeding rate and row spacing affect flax yields and weed interference. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 537-544.
- Swanton, C.J. & S.F. Weise.** 1991. Integrated weed management: The rationale and approach. *Weed Technology* 5: 657-663.
- Swanton, C.J. & S.D. Murphy.** 1996. Weed Science beyond weeds: The role of integrated weed management (IWM). *Agroecosystem health, Weed Science* 44: 437-445.

- Roberts, J.R., Peeper T.F. & Solie J.B.** 2001. Wheat (*Triticum aestivum*) row spacing, seeding rate, and cultivar affect interference from rye (*Secale cereale*). Weed Technology 15: 19-25.
- Tharp, B.E. & J.J. Kells.** 2001. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays*) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*Chenopodium album*) growth. Weed Technology 15: 413-418.
- Weiner, J., H.W. Griepentrog & L. Kristensen.** 2001. Suppression of weeds by crop density and spatial uniformity. Journal of Applied Ecology 38: 784-790.
- Wicks, G.A., P.T. Nordquist, P.S. Baenziger, R.N. Klein, R.H. Hammons & J.E. Watkins.** 2004. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. Weed Technology 18: 988-998.

CAPITULO III

CAMBIOS EN LA COMPETENCIA LINO-BRASSICA. EFECTO DEL AUMENTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DEL LINO Y LA SIEMBRA EN INTERCULTIVO CON TRÉBOL ROJO SOBRE LA CAPACIDAD COMPETITIVA DEL CULTIVO.

Una adaptación de este capítulo ha sido publicado en Journal of Sustainable Agriculture, 2011, 35 (8): 914-926 (Anexo II)

INTRODUCCION

El cultivo de lino, constituye una alternativa de diversificación en los sistemas productivos extensivos basados en monocultura (Giménez & Sorlino, 2006). Una de las dificultades para su inclusión en las rotaciones es su baja productividad, siendo su sensibilidad ante la competencia con malezas, uno de los principales factores que limitan su producción (O'Donovan & Sharma, 1983; St Remy de & O'Sullivan, 1986; Lutman, 1991; Milisich & Formento, 1997; Sánchez Vallduví et al., 2002). Su arquitectura de planta, su lento crecimiento (D'Antuono & Rossini, 1995; Diepenbrock & Porksen, 1992; Sánchez Vallduví & Flores, 2007), y su escasa capacidad de cobertura del suelo son características que favorecen su baja capacidad competitiva. Por su sistema de siembra y la baja agresividad del cultivo, las labores mecánicas de post-emergencia no son una alternativa eficiente para el control de malezas en el lino (Carr et al. 1997), el cual se realiza, principalmente, mediante la aplicación de herbicidas (Lutman, 1991).

Teniendo en cuenta los numerosos problemas ecológicos asociados al control de malezas basado en la aplicación de agroquímicos y, en el marco de una agricultura más sustentable, es necesario desarrollar estrategias de manejo de malezas orientados a disminuir el costo económico y ambiental y a favorecer el uso eficiente de los recursos (Liebman & Dyck, 1993; Bhowmik, 1997; Buhler, 1996, Buhler, 1999, 2002).

Varias prácticas pueden ser usadas para disminuir la competencia con malezas (Derksen et al., 1994; Blackshaw et al., 2005; Ramsdale et al., 2006; Borges et al., 2010) y realizar un manejo de ésta característica en el mediano y largo plazo (Acciaresi & Sarandón, 2002). La integración de estrategias de control cultural de malezas que contribuyen a la supresión de malezas, resultan en herramientas para el manejo de las malezas en el largo plazo (Bastiaans et al., 2008). Entre éstas, se encuentran aquellas que mejoran el

aprovechamiento de los recursos por parte del cultivo (Fernandez et al., 2002; Bellostas et al., 2003; Andersen et al., 2004; Holman et al., 2004) y disminuyen la disponibilidad de estos para la maleza (Weiner et al., 2001; Norris et al., 2001; Didon & Hansson 2002a, 2002b; Didon & Bostaön, 2003).

Una de las estrategias agroecológicas de manejo de malezas es la modificación de la habilidad competitiva de los cultivos a través de las prácticas culturales (Gonzalez Ponce & Santín, 2001; Puricelli & Faccini, 2005). Esto puede lograrse a través de sistemas más diversos que mejoren la ocupación de “nichos ecológicos” de las especies involucradas en la mezcla (Altieri, 1995, 2002; Saucke & Ackerman, 2005), como así también con el aprovechamiento anticipado de los recursos (Berkowitz, 1988). De este modo, la siembra en intercultivo (Trenbath, 1976; Liebman & Dyck, 1993, Malézieux et al. 2008, Makoi et al. 2010, Naudin et al., 2010) y el manejo de la densidad de siembra de los cultivos son prácticas que pueden ser consideradas en el marco de un manejo sustentable de malezas (Swanton y Murphy, 1996; Hartzler, 1997).

La habilidad competitiva varía entre cultivos, como observaron Satorre & Snaydon, (1992) en trigo, avena y cebada respecto a *Avena fatua*; de acuerdo a la comunidad de malezas presentes (Doll, 1997), o entre cultivares de una misma especie como fue señalado por Acciaresi et al. (2001a); Wicks et al. (2004) y Husrev & Zandstra (2005) en trigo, y por Begna et al. (2001) en maíz. También puede ser modificada por la disponibilidad de recursos (Guglielmini et al. 2000), por las acidez del suelo (Wang et al., 2007), por las prácticas culturales (González Ponce & Santín, 2001; Puricelli, et al., 2003) o por la densidad de siembra (Stevenson & Wright, 1996; Weiner et al., (2001).

Las modificaciones en la habilidad competitiva y su efecto sobre las malezas, señaladas en experiencias realizadas en diversos cultivos (Lindquist et al., 1998; Acciaresi et al., 2001b; Hauggaard-Nielsen, et al. 2001; Korres & Froud-Williams, 2004) pueden no ser válidas en el cultivo de lino. Las particularidades mencionadas que lo definen como un mal competidor con las malezas, requiere la búsqueda de alternativas diferentes a las habituales para mejorar su habilidad competitiva.

Teniendo en cuenta que, en un monocultivo, las plantas pueden no explorar todos los recursos disponibles en un área determinada (Sarandón & Sarandón, 1995), la incorporación de un intercultivo (Thorsted et al., 2006) como cultivo acompañante del lino, podría mejorar la captura de recursos (Bellostas, et al., 2003) y en consecuencia, generar una mejor habilidad competitiva. Un comportamiento semejante se puede esperar con la siembra de densidades altas de cultivo (Stevenson & Wright, 1996; Holman et al. 2004; Scursoni & Satorre, 2005), con lo cual ocurriría una utilización más temprana de los recursos disponibles por parte del cultivo, respecto a una siembra con densidad normal.

El lino es un cultivo que tiene capacidad de compensar su rendimiento ante distintas

densidades a través de variaciones en el número de cápsulas producidas por unidad de superficie (Acosta, 1972; Albrechtsen & Dybing, 1973; Casa et al., 1999). Este comportamiento ha sido aprovechado con la finalidad de bajar los costos de implantación utilizando menor cantidad de semilla. Sin embargo, la menor densidad de plantas puede resultar en un mayor crecimiento de malezas y, consecuentemente, en un menor rendimiento del lino ocasionado por la competencia con las mismas. Por este motivo, con el uso de densidades altas podría lograrse un uso anticipado de los recursos por parte del cultivo (Berkowitz, 1988) y ser considerado como una herramienta tendiente a deprimir el crecimiento de las malezas (Robinson, 1949; Stevenson & Wright, 1996).

El aumento de la densidad puede incrementar la cobertura del suelo, y mejorar su habilidad para competir con las malezas por luz y nutrientes del suelo (Swanton, et al., 1993; Swanton & Murphy, 1996). Por otra parte, la mayor y más temprana acumulación de biomasa por unidad de área, puede determinar que una mayor cantidad de biomasa sea restituida al suelo luego de la cosecha, pudiendo así realizar un aporte a la conservación del mismo.

Otra práctica de manejo de malezas propuesta es la siembra de un cultivo acompañante junto con el cultivo principal (Hatcher & Melander, 2003). Hay evidencias que los cultivos consociados pueden presentar mayor biomasa (Vandemeer, 1981; Poggio, 2005) y mayor rendimiento (Ndakidemi & Dakora, 2007, Makoi et al., 2010) que los cultivos puros. Esto indicaría que la mezcla podría mejorar la cobertura del suelo, y hacer una mejor captación y distribución de los recursos disponibles (Smithson & Leneé, 1997, Dhima, et al., 2007). También puede ocurrir una disminución del daño por malezas, posiblemente por inhibición por sustancias alelopáticas producidas por algún componente de la mezcla de cultivos (Fernandez-Aparicio, et al., 2007). Se espera que el cultivo acompañante utilice los recursos que hubieran utilizado las malezas, disminuyendo su desarrollo, y por lo tanto, el efecto de las mismas sobre el rendimiento del cultivo. En este caso, el cultivo acompañante se comportaría como cultivo supresor (*smother crops*) de las malezas, junto con el cultivo principal (Acciaresi & Sarandón, 2002). Además pueden mejorar la infiltración del agua, disminuir la erosión y reducir los riesgos económicos. Liebman & Dyck (1993) presentan varios ejemplos de experiencias realizadas, tanto con cultivos de verano como de invierno sembrados en intercultivo con un acompañante. En general, se ha observado una disminución de la biomasa de las malezas, aunque la respuesta en el rendimiento varió de acuerdo a los cultivos y el ambiente en el cual se desarrollaron (De Haan et al., 1997). Respecto al cultivo de lino, en siembras tempranas consociadas con trigo y bajo condiciones hídricas favorables, se obtuvieron mayores rendimientos relativos y menor enmalezamiento (Arny, 1924; Stoa & Dillman, 1924; Arny, et al., 1929). En otra experiencia más actual, tanto el lino como el trigo en intercultivo rindieron menos que en sus monoculturas, pero el valor

de LER (land equivalency ratio) indicó cierta ventaja para el intercultivo (Carr et al., 1993).

Se espera, además, que estas prácticas determinen una menor disponibilidad de recursos para las malezas y afecten negativamente el crecimiento y desarrollo de las mismas disminuyendo su capacidad reproductiva (González Ponce, 1998; Martínez-Ghersa et al., 2000; Ghersa & Martínez-Ghersa, 2000; Kegode et al., 2003), actuando así como supresor, característica adecuada para un manejo a largo plazo de malezas.

Se pretende que la especie acompañante compita lo menos posible con el cultivo principal y, a su vez, genere ventajas al sistema tales como una mayor cobertura del suelo, o favorezca el aprovechamiento de los recursos. Las Leguminosas se destacan como cultivo acompañante por fijar N atmosférico a través del proceso simbiótico (Neumann et al., 2009), en especial si el cultivo al que acompañan es poco competitivo (Andersen et al., 2004). Por este motivo, es esperable una menor competencia por dicho recurso entre el acompañante y el cultivo principal al haber una menor superposición de nichos ecológicos. La zona de producción influye en la elección del acompañante; en la Región Pampeana Argentina, el *Trifolium pratense* L. (trébol rojo) es considerado una especie de rápida emergencia, crecimiento inicial vigoroso y de cierta tolerancia al sombreado por lo que se halla difundido en siembras con cultivos anuales (Scheneiter, 2001). Se cuenta con poca información referente a esta temática, por lo que resulta necesario analizar la posibilidad de incluir estas técnicas como estrategias de manejo sustentable de malezas.

Hipótesis:

- *El aumento de la densidad de siembra del cultivo de lino favorece la captura de recursos por parte del cultivo, mejorando su capacidad competitiva y determina una menor disponibilidad de recursos en relación a la maleza.*
- *El sistema de sembrar lino íntercultivado con una Leguminosa favorece la captura de recursos por parte del sistema cultivado determinando menor disponibilidad de recursos para las malezas.*
- *El aumento de la densidad de siembra de lino y/o la siembra junto con una Leguminosa, son prácticas de manejo que afectan negativamente la capacidad reproductiva de las malezas.*

Objetivos:

- 1.- Evaluar la acumulación de biomasa, el rendimiento y la acumulación de N del lino en competencia con *Brassica* bajo distintas densidades del cultivo y ante la presencia de *Trifolium pratense* L. como cultivo acompañante.
- 2.- Evaluar el efecto del aumento en la densidad de siembra del lino y de la inclusión de *Trifolium pratense* L. como cultivo acompañante sobre la habilidad competitiva del cultivo de lino en competencia con *Brassica* y su efecto sobre la producción de semillas y acumulación de nitrógeno de la maleza.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se llevó a cabo durante dos años: 2002 y 2003 en el campo de la Estación Experimental J. Hirschhorn, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, La Plata, Argentina (34° S, 58° O, 15 m snm). El régimen pluviométrico es isohigro, con una distribución homogénea de las precipitaciones a lo largo del año que poseen como valor promedio 1045 mm. El suelo fue un *Argiudol típico* cuyos datos analíticos del horizonte superficial previo a la siembra (0-20 cm) se observan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Datos analíticos del horizonte superficial de los lotes de ensayos. La Plata, 2002 y 2003.

	2002	2003
Materia orgánica g.Kg ⁻¹	26	30
pH (1:2,5)	5,4	5,8
P (Bray Kurtz I) mg.Kg ⁻¹	16	14
Nt g.Kg ⁻¹	1,9	1,8

El suelo se preparó con sistema de labranza convencional para la zona, con arado de rejas y vertedera, rastra de discos y rastra de dientes. Se utilizó un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones y parcelas de 3,5 por 1,4 m.

Para estudiar la competencia se empleó una diseño aditivo, donde la densidad de cada componente es la misma que en su monocultura (Snaydon, 1991). Este diseño es muy utilizado en los estudios de competencia entre cultivos y malezas, debido a su similitud con las condiciones de campo. Los tratamientos consistieron en la combinación de dos densidades de siembra de lino, con y sin *Trifolium pratense* L. (trébol rojo), con y sin *Brassica* y la siembra del lino (ambas densidades) y de la *Brassica* en sus monoculturas.

Tratamientos:

- 1- Lino a densidad normal.
- 2- Lino a densidad alta.
- 3- Lino a densidad normal + *Brassica* como maleza.
- 4- Lino a densidad alta + *Brassica* como maleza.
- 5- Lino a densidad normal + *Trifolium pratense* L. como acompañante.
- 6- Lino a densidad alta + *Trifolium pratense* L. como acompañante.
- 7- Lino a densidad normal + *Brassica* como maleza + *Trifolium pratense* L. como acompañante.
- 8- Lino a densidad alta + *Brassica* como maleza + *Trifolium pratense* L. como acompañante.
- 9- Monocultura de *Brassica*.
- 10- Monocultura de *Trifolium pratense* L.

Con el fin de regular el efecto de la competencia, y disminuir el error experimental se utilizó *Brassica napus* ssp. *oleifera* forma *annua* como cultivo simulador de malezas Crucíferas con una densidad lograda de 50 y 40 plantas m⁻² a cosecha para 2002 y 2003, respectivamente. Esta metodología ya ha sido utilizada por otros autores, tanto en el lino, como en otros cultivos con buenos resultados (Marshall et al., 1995; Lutman, 1997). El resto de las malezas se eliminaron manualmente.

Como cultivo acompañante se sembró trébol rojo que es un integrante común de las pasturas usadas en la región por adaptarse a las condiciones agroclimáticas, considerada una especie de rápida emergencia, crecimiento inicial vigoroso y de cierta tolerancia al sombreado, por lo que se halla difundido en siembras con cultivos anuales (Scheneiter, 2001).

Se sembró el 6 de Agosto de 2002 y el 16 de Julio de 2003 la variedad Ceibal INTA de lino, la *Brassica* (Nolsa 531 e Impulse en el 2002 y 2003, respectivamente) y el trébol rojo Sureño, previa inoculación. La siembra se realizó con una sembradora experimental de conos de grano fino, con siete surcos distanciados a 0,20 m entre sí (marca Forti). Se sembraron 800 y 1.600 semillas de lino m⁻² para la densidad normal y alta, respectivamente, 50 semillas m⁻² de *Brassica* y 5 kg ha⁻¹ de trébol rojo (densidad de siembra recomendada en la zona para la siembra de trébol puro).

Se registraron los aspectos ontogénicos durante el desarrollo del cultivo (Tabla 3.2) y las temperaturas medias mensuales (T^o), las precipitaciones mensuales (mm) ocurridas durante el barbecho y ciclo del cultivo (Figura 3.1 y 3.2).

Tabla 3.2: Desarrollo ontogénico del cultivo de lino expresado en días después de la siembra (DDS). La Plata, 2002 y 2003.

PERIODO	CARACTERISTICAS	DDS	DDS
		2002	2003
Siembra-Emergencia	50 % de plantas emergidas	13	17
Siembra-10 cm de altura	80 % de plantas con 10 cm de altura	52	63
Siembra-1º botones florales	10 % de plantas con 1º botones florales	78	93
Siembra-Fin de floración	80 % de flores abiertas	97	110
Siembra-Cosecha	-----	135	154

Antes de la dehiscencia de las silicuas de *Brassica* (simulador de malezas), se cosecharon 0,3 m², se cortaron al ras del suelo las plantas con plena competencia de 0,5 m de tres surcos consecutivos. Cuando las plantas de lino alcanzaron su madurez, se cosechó una muestra de igual tamaño que la maleza y se usó la misma metodología. En el mismo momento y sector se tomó una muestra de 0,25 m² del trébol, para lo cual se usó un cuadro de esa superficie y se cortó el material vegetal al ras del suelo.

Determinaciones:

Cuando el lino tenía aproximadamente 20 cm de altura y la maleza se hallaba en estado de roseta (8/10/02 y el 29/09/03), se tomaron fotos de todas las parcelas, de una superficie de suelo de 1,5 x 1 m, para luego calcular la cobertura relativa de con vegetación. En ese mismo momento se cosechó una muestra en 60 cm de surco por parcela con plena competencia del lino y de la maleza. Se cortó el tallo a nivel del suelo, se contó el número de plantas en la muestra para calcular la densidad, se separaron 10 plantas sobre las que se midió la altura y contó el número de hojas y luego se calculó el promedio por planta. A estas plantas, se les separaron las hojas, se determinó su área foliar utilizando un integrador de área foliar (Area Meter Li-Cor3100) y se calculó el Índice de área foliar (IAF). Todo el material muestreado se secó a estufa a 60 °C hasta peso constante, se pesó y registró la biomasa aérea y se determinó el contenido de N.

Para calcular la cobertura relativa del lino y cobertura relativa de maleza se empleó una técnica fotográfica (Berti & Sattin, 1996). Se utilizó una cuadrícula con 150 cuadrados con un punto en la mitad de cada uno de ellos, se tuvo en cuenta para calcular la superficie cubierta el número de cuadros en los cuales el punto intersectó la vegetación a evaluar (lino

o maleza), se realizaron dos repeticiones (300 toques por parcela) y posteriormente se calculó la superficie relativa de lino y la superficie relativa de maleza.

La cobertura relativa del lino (CRL) se calculó como:

$$\% \text{ CRL: } 100 \times (n_{\text{lino}} / 300)$$

y la cobertura relativa de la maleza (CRM) como:

$$\% \text{ CRM: } 100 \times (n_{\text{maleza}} / 300)$$

n: Número de puntos de intersección con lino o maleza.

En el lino muestreado en madurez se evaluó: número de plantas m^{-2} , biomasa aérea total, rendimiento en semilla, peso de mil semillas, número de semillas por m^{-2} , altura de planta, índice de cosecha (IC), contenido de N en semilla, contenido total de N en biomasa aérea, la eficiencia de N del lino para el rendimiento, la eficiencia de partición del N a la semilla y el porcentaje de N en planta entera. Sobre la maleza se evaluó el peso de semillas, biomasa aérea, N en las semillas, N total y la eficiencia en el uso del N (EUN).

El peso seco se determinó llevando el material a estufa a 60 °C hasta peso constante. El contenido de N se determinó por el método Micro Kjeldahl (AACC, 1983) con el material molido previamente con un molino triturador Orto. La eficiencia de utilización del N del lino (EUN) se calculó como: el peso de la semilla en g/el total de N acumulado en biomasa aérea total en madurez.

La eficiencia en la partición del N del lino se evaluó mediante el Índice de Cosecha de N (ICN), calculado como:

$$\text{ICN: g de N en la semilla/g de N en biomasa aérea total en madurez}$$

El porcentaje de N en planta entera de lino se calculó como: (g de N acumulado en biomasa aérea total en madurez /g de biomasa aérea total en madurez)x100.

Se calculó la habilidad competitiva del cultivo, entendiendo esta como la capacidad de un componente (especie, población o genotipo) de obtener recursos cuando crece junto con otro componente, siendo la capacidad competitiva inversamente proporcional a su propia proporción en la mezcla. Se evaluó mediante el *índice de agresividad* (AGR) propuesto por McGilchrist & Trenbath, (1971). Este índice expresa la diferencia entre los rendimientos relativos de ambos componentes de la mezcla utilizando la fórmula:

$$\text{AGR: } R_{LM}/R_{LL} - R_{ML}/R_{MM}$$

Donde, R_{LM}/R_{LL} (RyL): rendimiento relativo de L (lino), R_{LL} : rendimiento de "L" en su monocultura, R_{LM} : rendimiento de "L" cuando crece junto con "M". R_{ML}/R_{MM} (RyM): rendimiento relativo de M (maleza), R_{MM} : rendimiento de "M" cuando crece en su monocultura, R_{ML} : rendimiento de "M" cuando crece junto con "L".

El valor obtenido indica el grado de apropiación de los recursos, cuanto mayor es el valor alcanzado en este índice (AGR), mayor es la agresividad del cultivo de lino.

En el año 2003 se realizaron las mismas determinaciones que en 2002 con las siguientes variantes:

- La cobertura se registró cuando el lino estaba en 20 cm y en primeros botones florales visibles.
- Se registró la biomasa del lino y de la maleza en cuatro momentos del ciclo: 10 cm de altura del lino, 20 cm de altura del lino, primeros botones florales visibles y fin de floración.
- El IAF se determinó en tres momentos del ciclo del cultivo: 20 cm de altura del lino, primeros botones florales visibles y fin de floración.

Análisis estadístico:

Se realizó el análisis de la varianza utilizando el programa Statgraphics plus. Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad. Cuando fue necesario se realizó la transformación logarítmica (\log_{10}) de la variable.

RESULTADOS

Condiciones de crecimiento:

En las figuras 3.1 y 3.2 se resumen las temperaturas y precipitaciones ocurridas durante las experiencias y el promedio histórico. Las precipitaciones registradas en todo el ciclo del cultivo fueron de 421 mm en 2002 y 452 mm en 2003, registros adecuados para los requerimientos del cultivo de lino.

En el año 2002 la siembra fue más tardía debido a problemas operativos para la preparación del suelo y disponibilidad de la semilla, que determinaron la demora en la fecha

de siembra del ensayo, retraso que puede ocurrir a nivel productor por diversas causas de índole práctico. Por lo tanto el ciclo del lino fue 19 días más corto que en el 2003. Este atraso en la siembra afectó negativamente el crecimiento y desarrollo de la maleza.

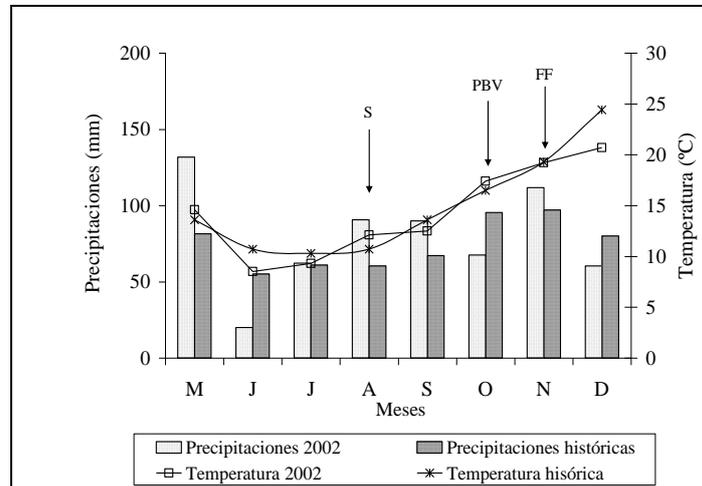


Figura 3.1: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo de lino 2002, temperaturas históricas (1969-2008) y precipitaciones históricas (1964-2008). La Plata. Referencias: S: siembra, PBV: primeros botones florales visibles, FF: fin de floración.

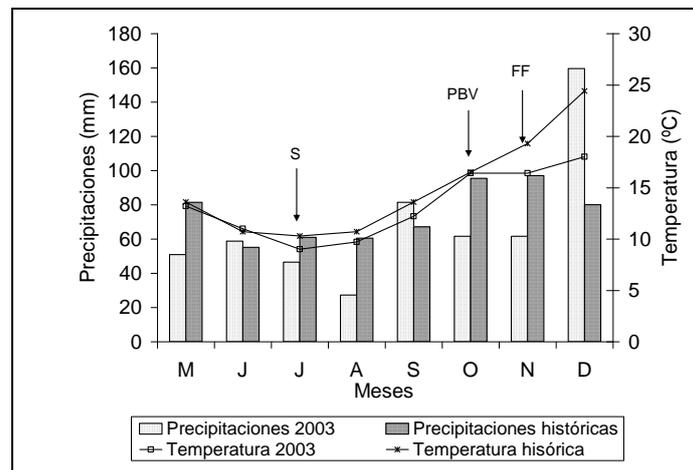


Figura 3.2: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el ciclo del cultivo de lino 2003, temperaturas históricas (1969-2008) y precipitaciones históricas (1964-2008). La Plata. Referencias: S: siembra, PBV: primeros botones florales visibles, FF: fin de floración.

La población de lino en promedio fue de 457 y 709 plantas m⁻² para la densidad normal y alta, respectivamente, en el año 2002 y de 275 y 414 en el 2003. El número de

plantas logradas a cosecha de *Brassica* (maleza) fue de 49 y 41 plantas m^{-2} para 2002 y 2003, respectivamente.

Evaluaciones en estados previos a la madurez de cosecha del lino:

La biomasa del lino cuando alcanzó los 20 cm de altura fue diferente en los dos años evaluados. En el año 2002, la biomasa del lino en este estado fue significativamente menor en las parcelas enmalezadas ($26 g m^{-2}$) que el cultivo limpio ($36 g m^{-2}$), independientemente de la densidad y la presencia o no de trébol rojo, no registrándose interacción entre los factores analizados (Tabla 3.3).

En el año 2003 el efecto de la presencia de maleza sobre la biomasa del lino acumulada cuando éste alcanzó 20 cm de altura dependió de su densidad, pero fue independiente de la presencia o no de trébol rojo. A densidad normal y con la presencia de malezas la biomasa de lino ($35 g m^{-2}$) fue significativamente menor que sin ellas ($54 g m^{-2}$); pero a densidad alta no hubo diferencias con o sin la presencia de malezas ($64 g m^{-2}$) (Figura 3.3).

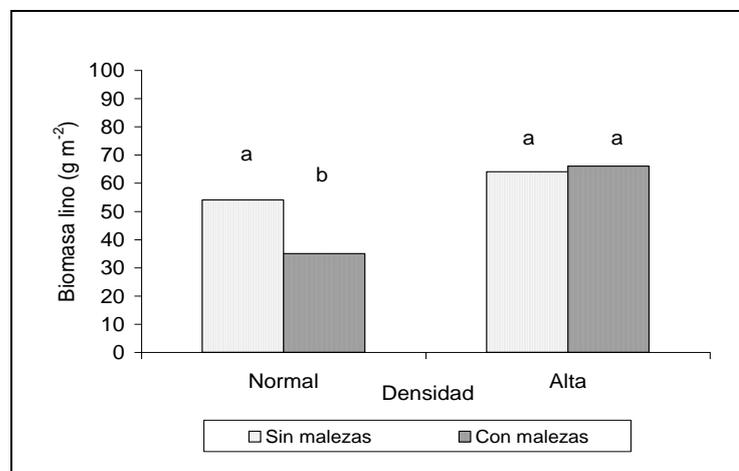


Figura 3.3: Biomasa aérea de lino a 20 cm de altura sembrado a dos densidades, con la presencia o no de maleza. La Plata. 2003.

Barras seguidas de la misma letra para el mismo factor, no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En ambos años evaluados, cuando el lino tenía 20 cm de altura, el índice de área foliar (IAF) y la cobertura relativa del lino (CRL) en las parcelas enmalezadas, fueron menores que en el cultivo sin maleza, independientemente de la densidad y la presencia o

no de trébol rojo. No se observaron diferencias significativas en el número de hojas producidas por planta, ni en la altura de las plantas en presencia o no de maleza.

En este mismo estado, en alta densidad se observó un mayor IAF y una mayor cobertura relativa del lino que a densidad normal, independientemente de la presencia o no de malezas y trébol.

En el 2003 también se registró mayor altura de planta y número de hojas a densidad alta que a normal, variables que no se diferenciaron en el año 2002.

Con la presencia de trébol rojo, sólo se observó mayor número de hojas cuando el lino se encontraba a 20 cm de altura en el año 2003, no observándose diferencias en las otras variables ni momentos evaluados (Tabla 3.3 y 3.4).

Tabla 3.3: El impacto de malezas, densidad de siembra, y cultivo acompañante sobre la biomasa, el índice de área foliar (IAF), cobertura relativa del lino (CRL), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en el estado de 20 cm de altura del lino, bajo dos situaciones de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Factor	Nivel	Biomasa (g m ⁻²)	IAF	CRL	Altura (cm)	Nº de hojas
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	36 a	1,53 a	51 a	22 a	58 a
	C/ maleza	26 b	1,09 b	42 b	22 a	56 a
Densidad del cultivo	Normal	33 a	0,99 b	42 b	22 a	50 a
	Alta	30 a	1,63 a	51 a	23 a	56 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	32 a	1,34 a	46 a	21 a	58 a
	C/ trébol rojo	30 a	1,27 a	46 a	23 a	56 a
CV %		30	23	14	22	11

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,5 % de probabilidad según la prueba de Tukey.

Tabla 3.4: Índice de área foliar (IAF), cobertura relativa del lino (CRL), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en el estado de 20 cm de altura del lino, bajo dos situaciones de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Factor	Nivel	IAF	CRL	Altura (cm)	Nºde hojas
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	0,89 a	29 a	20 a	62 a
	C/ maleza	0,71 b	18 b	20 a	64 a
Densidad del cultivo	Normal	0,70 b	21 b	18 b	59 b
	Alta	0,90 a	26 a	21 a	66 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	0,80 a	25 a	19 a	61 b
	C/ trébol rojo	0,80 a	22 a	20 a	65 a
CV %		28	14	11	7

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En 2003 también se registró una menor biomasa acumulada en primeros botones visibles, pero en este estado no se registró interacción entre los factores evaluados (Tabla 3.5).

El mayor índice de área foliar registrado con la densidad alta respecto a la normal continuó cuando el lino se encontraba en primeros botones florales visibles y fin de floración, mientras no se observaron diferencias en cobertura relativa del lino, altura y número de hojas (Tablas 3.5 y 3.6).

Tabla 3.5: Biomasa, índice de área foliar (IAF), cobertura relativa del lino (CRL), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en primeros botones florales visibles del lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Factor	Nivel	Biomasa (g m ⁻²)	IAF	CRL	Altura (cm)	Nº hojas
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	196 a	2 a	77 a	52 a	101 a
	C/ maleza	128 b	1,6 b	45 b	53 a	101 a
Densidad del cultivo	Normal	139 b	1,5 b	57 a	51 a	99 a
	Alta	184 a	2,2 a	66 a	54 a	103 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	170 a	1,9 a	61 a	53 a	99 a
	C/ trébol rojo	153 a	1,7 a	61 a	52 a	104 a
CV %		19	22	16	7	11

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Tabla 3.6: Índice de área foliar (IAF), altura de planta (altura) y número de hojas por planta en fin de floración del lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Factor	Nivel	IAF	Altura (cm)	Nº hojas
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	1,4 a	72 a	77 a
	C/ maleza	1 b	74 a	84 a
Densidad del cultivo	Normal	1 b	72 a	82 a
	Alta	1,4 a	73 a	79 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	1,2 a	73 a	76 a
	C/ trébol rojo	1,2 a	72 a	85 a
CV %		27	7	14

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

El porcentaje de N aéreo y la acumulación de nitrógeno en la biomasa aérea del lino a 20 cm de altura fueron diferentes en los dos años evaluados. En el 2002 no se observaron diferencias entre ninguno de los factores y niveles analizados. En el 2003 se registró menor

porcentaje de N en planta y menor acumulación de N en biomasa cuando el cultivo creció con la presencia de malezas que sin ella, independientemente de la densidad y la presencia o no de trébol rojo. En este mismo año se observó más N acumulado a la densidad alta que a la normal y menor porcentaje de N con la presencia de trébol rojo que sin él (Tabla 3.7).

Tabla 3.7: Porcentaje de nitrógeno (%N) y nitrógeno acumulado (N) del lino a 20 cm de altura con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002 y 2003.

Factor	Nivel	% N		N (g m ⁻²)	
		2002	2003	2002	2003
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	3,45 a	4,71 a	1,14 a	2,79 a
	C/ maleza	3,28 a	4,45 b	1,05 a	2,06 b
Densidad del cultivo	Normal	3,42 a	4,63 a	1,21 a	2,06 b
	Alta	3,31 a	4,53 a	0,98 a	2,79 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	3,50 a	4,44 b	1,09 a	2,4 a
	C/ trébol rojo	3,24 a	4,72 a	1,09 a	2,45 a
CV %		16,67	5,03	26,92	14,3

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Rendimiento, Biomasa en madurez, componentes del rendimiento, índice de cosecha y altura de planta del cultivo de lino:

Los rendimientos promedios de lino de todos los tratamientos fueron 1460 y 1370 kg ha⁻¹ en el 2002 y 2003, respectivamente.

No se registró interacción entre la presencia de maleza, la densidad de lino y la presencia de trébol rojo. La presencia de malezas fue el único factor asociado a una disminución en el rendimiento en semilla y biomasa de lino del orden del 15 y 30 % en 2002 y 2003, respectivamente, y fue independiente de la densidad y de la presencia o no de trébol rojo. El rendimiento estuvo asociado a un menor número de semillas por metro cuadrado en los dos años evaluados y a un menor número de plantas por unidad de superficie en el 2002.

La biomasa del lino al final de su ciclo fue mayor a densidad alta que normal sólo en el año 2002 y no varió con la presencia o no de trébol rojo en ninguno de los años evaluados.

Los valores de índice de cosecha del lino fueron diferentes entre los años evaluados. En el 2002 la situación de enmalezamiento no modificó el IC del lino, se observó mayor índice de cosecha a densidad normal que a alta y sin la presencia de trébol rojo que con él. En el 2003 el índice de cosecha del lino sólo fue mayor con la presencia de trébol rojo que sin él.

El peso de mil semillas y la altura de planta en madurez de cosecha del lino no se modificaron por ningún factor y nivel de análisis (Tablas 3.8 y 9.9).

Tabla 3.8: Rendimiento (Rend), biomasa aérea total (Biom), índice de cosecha (IC), plantas m^{-2} (pl), peso de mil semillas (PMS), semillas m^{-2} (Sem) y altura de planta de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Factor	Nivel	Rend (g m^{-2})	Biom (g m^{-2})	IC	PI (m^2)	PMS	Sem (m^{-2}) (x1000)	Altura (cm)
Grado de enmalezamiento	S/Maleza	161 a	484 a	0,33 a	650 a	6 a	26,5 a	65 a
	C/Maleza	131 b	387 b	0,34 a	515 b	6 a	21,7 b	66 a
Densidad del cultivo	Normal	139 a	404 b	0,35 a	457 b	6 a	23,0 a	66 a
	Alta	152 a	467 a	0,32 b	709 a	6 a	25,2 a	65 a
Cultivo acompañante	S/ Trébol rojo	150 a	444 a	0,34 a	594 a	6 a	24,4 a	65 a
	C/Trébol rojo	142 a	426 a	0,33 b	571 a	5,9 a	23,8 a	67 a
CV %		12	14	6	23	3,5	12	7

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Tabla 3.9: Rendimiento (Rend), biomasa aérea total (Biom), índice de cosecha (IC), plantas.m⁻² (pl), peso de mil semillas (PMS), semillas m⁻² (sem) y altura de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Factor	Nivel	Rend (g m ⁻²)	Biom (g m ⁻²)	IC	PI (m ²)	PMS	Sem (m ²) (x1000)	Altura
Grado de enmalezamiento	S/Maleza	161 a	524 a	0,30 a	352 a	5,9 a	26,9 a	73 a
	C/Maleza	113 b	373 b	0,30 a	336 a	5,9 a	18,9 b	72 a
Densidad del cultivo	Normal	131 a	427 a	0,30 a	275 b	5,9 a	22,0 a	73 a
	Alta	143 a	470 a	0,30 a	414 a	6 a	23,7 a	72 a
Cultivo acompañante	S/Trébol rojo	132 a	444 a	0,29 b	342 a	5,9 a	22,2 a	73 a
	C/Trébol rojo	141 a	453 a	0,31 a	346 a	5,9 a	23,6 a	72 a
CV %		17	17	5	26	3	5	3

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Acumulación de nitrógeno de lino en madurez

La acumulación de N en la semilla y en la biomasa aérea total del lino en madurez de cosecha fue menor en los tratamientos con presencia de maleza independientemente de la densidad del lino y de la presencia o no de trébol rojo (Tabla 3.10 y 3.11). Se observó un porcentaje de disminución semejante al del rendimiento y un valor promedio de todos los tratamientos de 47 y 42 kg ha⁻¹ de N acumulado en la semilla en el 2002 y 2003, respectivamente.

En el año 2002 el porcentaje de N en planta entera fue más alto a densidad normal que a alta independientemente de la presencia o no de maleza o de trébol. La eficiencia en el uso del nitrógeno sólo fue mayor con la presencia de trébol independientemente de la presencia o no de maleza y de la densidad del lino (Tabla 3.10).

El este mismo año el índice de cosecha del nitrógeno tuvo un valor medio de todos los tratamientos de 0,71 sin diferenciarse entre ellos.

Tabla 3.10: Nitrógeno acumulado en semilla (Nsem), total (Ntotal), porcentaje de nitrógeno en planta entera (%N en planta) y eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Factor	Nivel	Nsem (g m ⁻²)	Ntotal (g m ⁻²)	%N en planta	EUN
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	5,1 a	7,2 a	1,5 a	22 a
	C/ maleza	4,3 b	6,0 b	1,5 a	22 a
Densidad del cultivo	Normal	4,5 a	6,3 a	1,6 a	22 a
	Alta	4,9 a	6,9 a	1,5 b	22 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	4,9 a	6,9 a	1,6 a	21 b
	C/ trébol rojo	4,5 a	6,2 a	1,5 b	23 a
CV %		15	15	6	4,5

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Tabla 3.11: Nitrógeno acumulado en semilla (Nsem), total (Ntotal), porcentaje de nitrógeno en planta entera (%N en planta) y eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) de lino con distinta situación de enmalezamiento, a dos densidades de siembra y con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Factor	Nivel	Nsem (g m ⁻²)	Ntotal (g m ⁻²)	%N en planta	EUN
Grado de enmalezamiento	S/ maleza	4,9 a	7,1 a	1,36 a	22 a
	C/ maleza	3,4 b	5,1 b	1,37 a	22 a
Densidad del cultivo	Normal	3,9 a	5,8 a	1,36 a	22 a
	Alta	4,5 a	6,4 a	1,37 a	22 a
Cultivo acompañante	S/ trébol rojo	4,0 a	6,0 a	1,35 a	22 a
	C/ trébol rojo	4,4 a	6,2 a	1,38 a	22 a
CV %		17	18	6	6

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En el 2003 se observó interacción densidad x trébol rojo en el índice de cosecha de N. A la densidad alta del lino, ésta variable fue mayor cuando se sembró con la presencia

del trébol rojo que sin él y a densidad normal su valor fue semejante con la presencia o no del trébol rojo (Figura 3.4).

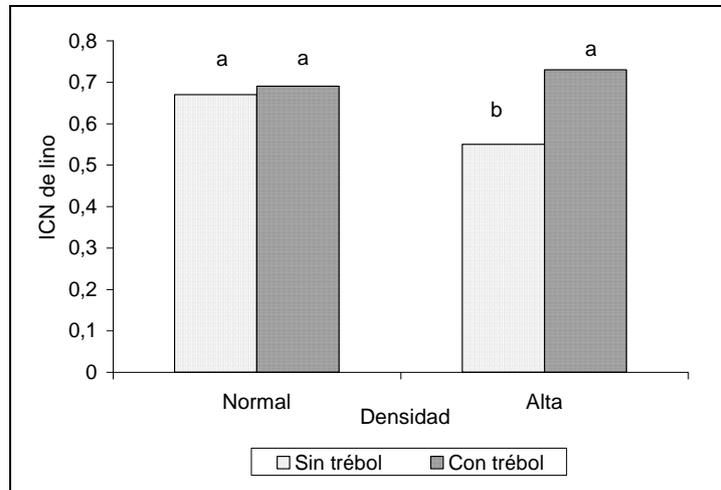


Figura 3.4: Índice de cosecha de N (ICN) del cultivo de lino sembrado a dos densidades, con y sin la presencia trébol. La Plata, 2003.

Barra seguida con la misma letra para el mismo factor, no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

Habilidad competitiva del lino y capacidad supresiva:

El rendimiento relativo del lino y la maleza y la habilidad competitiva del lino respecto a la maleza fue diferente en los años evaluados.

El rendimiento relativo del lino tanto para semilla (RyL sem) como para biomasa (RyL biom) no se diferenció entre los tratamientos evaluados en los dos años

El rendimiento relativo de las plantas de maleza para semilla (RyM sem) y biomasa (RyM biom) en el 2002 no se diferenció entre los tratamientos (Tabla 3.12). En el 2003 fue significativamente menor en los sistemas con densidad alta de lino que a densidad normal y con la presencia de trébol menor que sin él (Tabla 3.12).

Tabla 3.12: El impacto de malezas, densidad de siembra, y cultivo acompañante sobre el rendimiento relativo de lino para semilla (RyL sem) y biomasa (RyL biom) y rendimiento relativo de maleza para semilla (RyM sem) y biomasa (RyM biom), a densidad normal y alta de lino y con presencia de maleza o con maleza + trébol rojo. La Plata, 2002 y 2003.

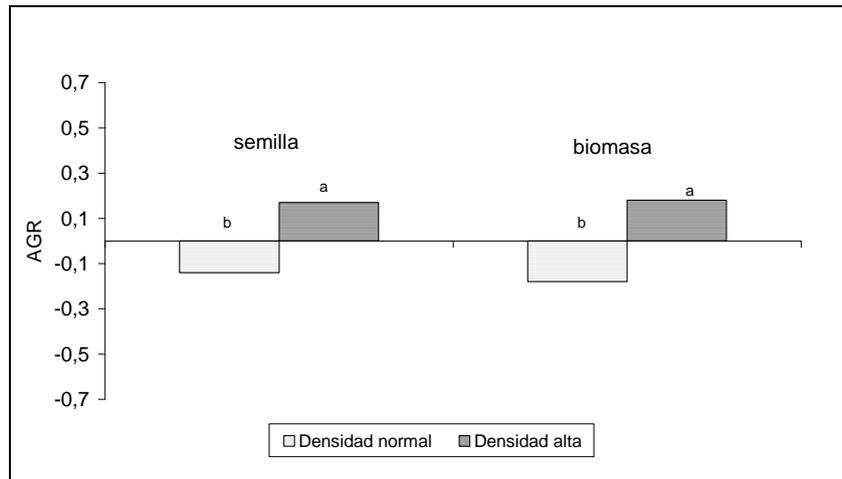
Factor	Nivel	2002				2003			
		RyL sem	RyL biom	RyM sem	RyM biom	RyL sem	RyL biom	RyM sem	RyM biom
Densidad del cultivo	Normal	0,78a	0,79a	0,48a	0,45a	0,69a	0,76a	0,82a	0,85a
	Alta	0,86a	0,86a	0,49a	0,41a	0,78a	0,79a	0,61 b	0,61 b
Cultivo acompañante	S/trébol rojo	0,89a	0,90a	0,43a	0,44a	0,70a	0,71a	0,97a	0,90a
	C/trébol rojo	0,76a	0,75a	0,51a	0,43a	0,76a	0,74a	0,46 b	0,55 b
CV (%)		13	18	26	26	29	28	22	19

Medias seguidas con letras iguales para cada factor y variable analizada, no presentan diferencias significativas al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En el 2002 el lino fue más agresivo que la maleza en todos los sistemas evaluados. No se observaron diferencias en ningún índice de agresividad (AGR) evaluado, cuyos valores medios fueron de 0,44 para la biomasa cuando el lino se encontraba a 20 cm de altura, 0,34 y 0,40 para semilla y biomasa en cosecha del lino, respectivamente y de 0,40 para N.

En el año 2003, el cultivo de lino fue más agresivo en el sistema cuando se sembró con la densidad alta respecto a la normal, o con trébol como cultivo acompañante que sin él tanto para producción de semilla como para biomasa (Figuras 3.5).

(a)



(b)

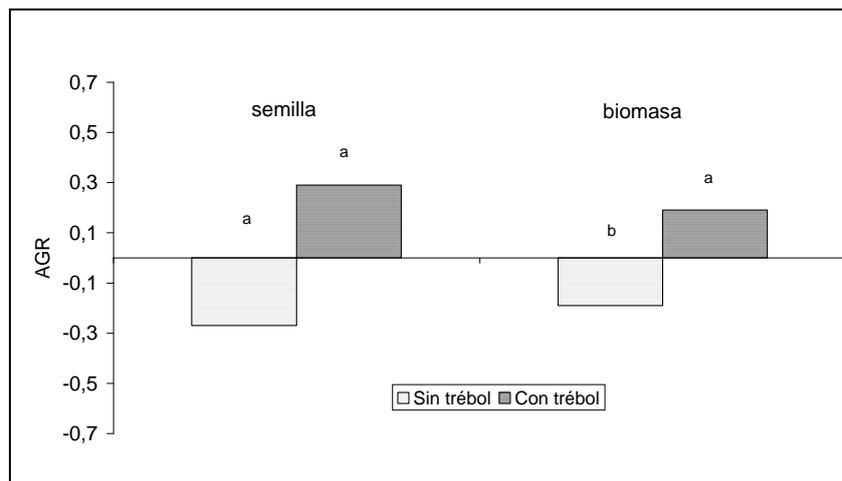


Figura 3.5: Índice de agresividad (AGR) del lino vs. maleza para semilla y biomasa. (a) a dos densidades de siembra (b) con y sin trébol rojo. La Plata, 2003.

Barras seguidas con la misma letra para semilla o biomasa, no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En este mismo año, también se observó un mayor índice de agresividad para la acumulación nitrógeno del lino en los sistemas con acompañante (Figuras 3.6), lo que se reflejó en la menor acumulación de este nutriente en la semilla de maleza (Tabla 3.18) y aunque no fue estadísticamente significativo cuando el lino se sembró sólo, la agresividad en alta densidad fue mayor que a densidad normal.

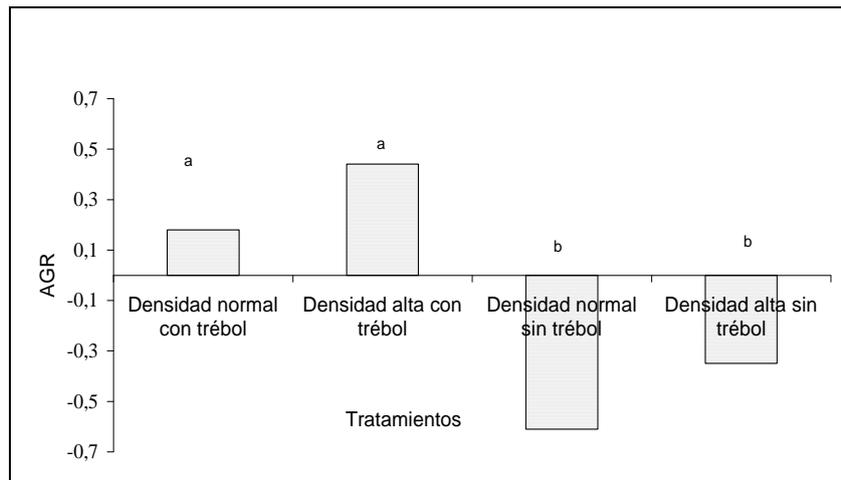


Figura 3.6: Índice de agresividad del (AGR) lino vs. maleza para N acumulado en la semilla del lino sembrado a dos densidades y con o sin la presencia del trébol rojo. La Plata, 2003.

Barra seguida con letras iguales, no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En el año 2003 los cambios en la habilidad competitiva del lino se observaron desde etapas tempranas de su desarrollo, a densidad normal el sistema fue más agresivo con trébol como acompañante que sin él. A densidad alta no hubo diferencias significativas en esta variable con o sin la presencia del acompañante (Figura 3.7).

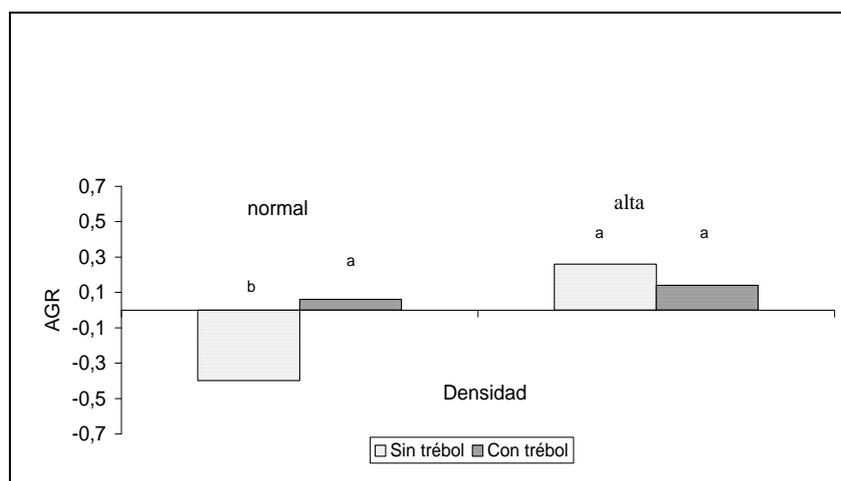


Figura 3.7: Índice de agresividad (AGR) del lino vs. maleza para biomasa al estado de 20 cm de altura, sembrado a dos densidades, con o sin la presencia del trébol rojo. La Plata, 2003.

Barra seguida con la misma letra para la misma variable, no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey.

En la tabla 3.13 se observan los valores de las variables analizadas sobre la maleza cuando desarrolló en su monocultura. En ambos años, la cobertura relativa, la biomasa y el N acumulado de la maleza en el estado de roseta, fueron menores cuando creció con lino, tanto con trébol rojo como sin él, respecto a su monocultura.

La producción de semilla y biomasa aérea de la maleza al final de su ciclo tuvo una reducción de alrededor del 50% cuando no creció sola respecto a su monocultura, lo cual estuvo asociada a un menor número de semillas.

Tabla 3.13: biomasa (Biom), cobertura relativa de maleza (CRM) y N en biomasa (N) en roseta, producción de semillas (peso semilla), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biomasa total), componentes del rendimiento e índice de cosecha (IC) de maleza en su monocultura. La Plata, 2002 y 2003.

Año	Biom (g m ⁻²)	CRM	N (g m ⁻²)	Peso de semilla (g m ⁻²)	Biomasa aérea total (g m ⁻²)	IC	PMS	Sem (m ²) (x1000)
2002	68	36	3,24	80	404	0,20	2,60	31
2003	85	50	4,39	61	312	0,25	3,7	17

Del análisis de los tratamientos con lino, en el 2002 no hubo diferencias entre tratamientos para ninguna de las variables analizadas (Tabla 3.14).

Tabla 3.14: Biomasa (Biom), cobertura relativa de maleza (CRM) y N en biomasa (N) en roseta, producción de semillas (peso de semilla), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biomasa total), peso de mil semillas (PMS), semillas por m² (Sem. x1000) e índice de cosecha (IC) de maleza cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra del cultivo, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tratamientos	Biom (g m ⁻²)	CRM	N (g m ⁻²)	Peso de semilla (g m ⁻²)	Biomasa aérea total (g m ⁻²)	IC	PMS	Sem (m ²) (x1000)
Lino a densidad normal	28 a	22 a	1,15 a	27 a	164 a	0,19 a	2,83 a	10 a
Lino a densidad alta	31 a	22 a	1,50 a	47 a	173 a	0,27 a	2,98 a	16 a
Lino a densidad normal y trébol rojo	21 a	25 a	0,94 a	45 a	173 a	0,26 a	3,13 a	14 a
Lino a densidad alta y trébol rojo	30 a	16 a	1,12 a	43 a	196 a	0,20 a	2,91 a	15 a
CV %	30	27	49	21	22	25	7,5	18

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

En el 2003 en estados previos a la madurez del lino, sólo se observó menor biomasa de la maleza cuando el lino se encontraba en primeros botones florales visibles en el tratamiento con lino a densidad alta y con trébol (Tabla 3.15).

Tabla 3.15: Biomasa aérea de maleza en 10 cm de altura (Biom 10 cm), 20 cm de altura (Biom 20 cm), primeros botones florales visibles (Biom PBV) y fin de floración (Biom FF) del lino, cobertura relativa de maleza en 20 cm de altura (CRM 20 cm) y primeros botones florales visibles del lino (CRM PBV) y nitrógeno acumulado en la biomasa a 20 cm del lino (N) cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003

Tratamiento	Biom 10 cm	Biom 20 cm	Biom PBV	Biom FF	CRM 20 cm	CRM PBV	N (g m ⁻²)
Lino a densidad normal	17 a	83 a	204 a	234 a	39 a	31 a	4,08 a
Lino a densidad alta	15 a	69 a	143 ab	232 a	24 a	30 a	3,50 a
Lino a densidad normal y trébol rojo	17 a	59 a	202 ab	159 a	34 a	38 a	2,9 a
Lino a densidad alta y trébol rojo	16 a	58 a	127 b	160 a	28 a	28 a	2,8 a
CV %	20	17	17,5	18,6	22	14	20,7

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

En este mismo año (2003), el tratamiento que alcanzó más biomasa y tuvo mayor producción de semilla de maleza fue cuando el lino estuvo sembrado a densidad normal y sin trébol. Cuando el lino se sembró junto con el trébol se observaron los menores valores de producción de semilla y biomasa de maleza, no diferenciándose entre densidades del lino. La disminución registrada fue entre 56 y 60 % para semilla y 42 y 56 % para biomasa en relación a la registrada en el tratamiento de lino sólo y a densidad normal, siendo la mayor disminución en el tratamiento de lino densidad alta y con trébol rojo (Tabla 3.16).

Tabla 3.16: Producción de semillas (peso sem), biomasa aérea de maleza a fin de ciclo (biom total), peso de mil semillas (PMS), semillas por m² (Sem. x1000) e índice de cosecha (IC) de maleza cuando creció junto con lino a dos densidades de siembra del cultivo, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tratamientos	Peso sem (g m ⁻²)	Biom total (g m ⁻²)	IC	Sem (m ²) (x1000)	PMS
Lino a densidad normal	66a	313 a	0,21 a	17 a	3,8 a
Lino a densidad alta	46 b	221 ab	0,22 a	14 a	3,3 a
Lino a densidad normal y trébol rojo	29 c	182 b	0,16 a	9 b	3,3 a
Lino a densidad alta y trébol rojo	26 c	138 b	0,20 a	8 b	3,3 a
CV %	17,7	17	17	19	11

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

El N acumulado en la semilla y biomasa total de la maleza cuando esta creció en monocultura fue en el 2002 de 3,10 y 5,50 g/m² y en el 2003 de 2,32 y 4,01 g/m² para semilla y biomasa, respectivamente. En el 2002 no se observó diferencia entre tratamientos para ninguna de las variables evaluadas relacionadas con la acumulación de N (Tabla 3.17).

Tabla 3.17: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de maleza, sembrado con lino a dos densidades, con presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2002.

Tratamientos	Nsem (g m ⁻²)	Ntotal (g m ⁻²)	ICN	%N en planta	EUN
Lino a densidad normal	1,01 a	1,89 a	0,56 a	1,36 a	14,0 a
Lino a densidad alta	1,45 a	2,33 a	0,66 a	1,52 a	18,6 a
Lino a densidad normal y trébol rojo	1,57 a	2,27 a	0,65 a	1,43 a	19,1 a
Lino a densidad alta y trébol rojo	1,55 a	2,65 a	0,58 a	1,36 a	16,5 a
CV %	25,1	21,7	13,9	15,1	15,2

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

En el 2003 el N acumulado en la semilla y en la biomasa total fue menor cuando el lino se sembró a densidad alta que a la normal y con el acompañante que sin él, observándose los menores valores cuando el lino se sembró junto con trébol (Tabla 3.18).

El ICN, el % de N en planta de maleza y la EUN no se diferenciaron entre tratamientos en ninguno de los años evaluados.

Tabla 3.18: N en semilla (Nsem), N total (Ntotal), índice de cosecha de N (ICN), % de N en planta entera y eficiencia de uso del N (EUN) de maleza, sembrada con lino a dos densidades, con la presencia o no de trébol rojo. La Plata, 2003.

Tratamientos	Nsem (g m ⁻²)	Ntotal (g m ⁻²)	ICN	%N en planta	EUN
Lino a densidad normal	2,77 a	4,65 a	0,60 a	1,47 a	14,3 a
Lino a densidad alta	1,82 b	2,98 ab	0,63 a	1,34 a	16,3 a
Lino a densidad normal y trébol rojo	1,15 b	2,09 b	0,56 a	1,14 a	14,7 a
Lino a densidad alta y trébol rojo	1,04 b	1,84 b	0,57 a	1,33 a	14,7 a
CV %	18,9	22,3	13,4	11,5	15,8

Letras iguales dentro de la misma columna no difieren al nivel de 0,05 de probabilidad según la prueba de Tukey

DISCUSION

El lino, cultivo oleaginoso de ciclo invernal, se adapta a las condiciones ecológicas de la Región Pampeana Argentina y, por lo tanto, constituye una alternativa para la diversificación de los sistemas de producción extensivos basados en los monocultivos. Sin embargo, uno de los factores que limitan su producción es su baja competitividad con malezas.

Los rendimientos medios de este ensayo tuvieron valores semejantes al promedio de nuestro país (1372 kg ha⁻¹) para la campaña 2009/10 (MAGyP, 2011), pero inferiores a los observados en ensayos comparativos de cultivares (alrededor de 2000 kg ha⁻¹) realizados en la provincia de Entre Ríos y en esta misma zona (Milisich & Formento, 1997; Sánchez Vallduví, et al. 2006; Milisich & Gallardo, 2008).

La alta sensibilidad del lino a la competencia fue señalada por Barreyro & Sánchez Vallduví (2002) y fue confirmada en esta investigación, donde la presencia de *Brassica* determinó una merma en el rendimiento de 15 y 30 % para los años 2002 y 2003, respectivamente lo que esta de acuerdo con otros resultados (Lutman, 1991; Sánchez Vallduví et al., 2002). Esto también confirmó la influencia de las condiciones del año (disponibilidad de recursos) en la capacidad competitiva. La disminución en el rendimiento del lino, ocurrió con tan sólo una participación de la maleza entre 7 y 13 % según año y densidad de lino en relación a la densidad total (lino + maleza), lo que sugiere una alta capacidad de la maleza para capturar los recursos.

La competencia se registró desde etapas tempranas del cultivo, determinando una menor biomasa, menor N acumulado en la biomasa, menor IAF y menor cobertura relativa del suelo con lino, cuando el cultivo había alcanzado 20 cm de altura, lo que ocurrió

independientemente de la densidad del lino y la presencia o no del trébol rojo. En ambos años, la *Brassica*, afectó el rendimiento del lino. Esto puede deberse al uso diferencial de N (leguminosas-no leguminosas) y también a las diferencias en los ciclos: el trébol rojo tiene un desarrollo más lento que *Brassica*, por lo cual, el tiempo de competencia con el lino es menor. Esto señala que las Leguminosas confieren las características favorables de la familia como acompañante ya que el trébol rojo no compitió tanto con el lino como la *Brassica*.

La reducción del rendimiento en semillas de lino se relacionó con una menor producción de semillas por planta, lo que corrobora que este es el componente del rendimiento más afectado por la competencia (Robinson, 1949; Stevenson & Wright, 1996) y sugiere que toda práctica que tienda a aumentar el número de semillas por planta puede mejorar la capacidad compensatoria del cultivo.

En 2002, el acortamiento del ciclo de cultivo de lino causado por el atraso en la fecha de siembra podría haber determinado cambios en la competencia cultivo-maleza. El menor efecto de la presencia de *Brassica* observado en el año 2002 respecto al 2003, podría estar relacionado con una menor duración del período crítico de competencia para el cultivo de lino, el cual finaliza antes de la visualización de los botones florales visibles (Barreyro & Sánchez Vallduví, 2002), y/o la menor biomasa aérea y la cobertura de maleza registrada en etapas tempranas del desarrollo del cultivo de lino.

Una estrategia de manejo de las malezas es aumentar la habilidad competitiva del sistema cultivado (Gonzalez Ponce & Santín, 2001; Puricelli, et al., 2003; Puricelli & Faccini, 2005). El aumento de la densidad del lino se ha propuesto como una alternativa para mejorar la capacidad competitiva del cultivo. Frecuentemente, el número de plantas de lino alcanzado a cosecha es menor que la sembrada. Esto se relaciona con características propias de la semilla (Diepenbrock & Porksen, 1992) y las condiciones de la emergencia. El número de plantas obtenidas fue diferente en los dos años a pesar de haber sembrado la misma densidad. En el 2003, año en el cual se observó un menor número de plantas logradas, el aumento de la densidad del lino mejoró su habilidad competitiva. Posiblemente, esto ocurrió al haberse acelerado el proceso de captura de recursos por parte del cultivo cuando se aumentó la densidad de siembra, tal como lo señalaron Stevenson & Wright, (1996) y Swanton, et al. (1993). Esta respuesta es semejante a la registrada en otros cultivos en los cuales se registró mejor habilidad competitiva asociada a un aumento en la densidad del mismo o a la posibilidad de capturarlos tempranamente en el ciclo (Lindquist et al., 1998; Begna et al., 2001; Holman et al., 2004; Korres & Froud-Williams, 2004). Por este motivo, la maleza habría tenido menor disponibilidad de recursos y, en consecuencia, un menor rendimiento relativo. Con valores de densidades semejantes a las logradas en el año 2003 (275 planta m⁻² en la densidad normal y 414 planta m⁻² en la densidad alta), el

incremento de la densidad del cultivo podría ser considerado una estrategia para reducir el efecto negativo de la competencia tal como lo observaron Scursoni & Satorre, (2005) al aumentar la densidad de cebada (*Hordeum vulgare*) en competencia con avena fatua (*Avena fatua*).

El aumento de la densidad de siembra del lino tuvo efectos diferentes en los dos años estudiados: mejoró su capacidad competitiva en el año 2003, pero no en el 2002. En el 2002, el número de plantas obtenidas en el tratamiento de la densidad normal (457 plantas/m²), habría sido suficiente para captar los recursos necesarios, por lo cual no mejoró con el aumento de la densidad de lino. Además, en este año el acortamiento de los ciclos (tanto del cultivo y como de malezas), causado por la siembra tardía, pudo haber acelerado los procesos fisiológicos determinando un período más corto de la competencia. De esta manera, los recursos disponibles fueron mayores respecto a los disponibles para todo el ciclo en una siembra temprana. Esto sugiere que el factor limitante habría sido el período corto de tiempo para la captura de los recursos y no su disponibilidad. Si se lograra una buena cantidad de plantas del cultivo con densidades normales, la captación de recursos por el cultivo podría ser suficiente para conferir una buena habilidad competitiva.

Los mayores valores de IAF, cobertura relativa y biomasa temprana de lino observados en ambos años a densidad alta respecto a la normal, sugieren un aprovechamiento más temprano de los recursos por parte del cultivo sembrado a densidad alta (Berkowitz, 1988; Bellostas et al., 2003; Holman et al., 2004), lo que pudo determinar menor disponibilidad de los mismos para las malezas.

A partir de los primeros botones florales visibles la planta de lino no presentó diferencias en su altura para ninguno de los tratamientos (registrado sólo en el 2003), momento que coincide con el desarrollo del corimbo. Esto sugiere que luego de la floración disminuiría la competencia con la maleza. El hecho que la biomasa total acumulada al final del ciclo y el rendimiento del lino no difirieron entre densidades, confirma su capacidad compensatoria (Acosta, 1972; Albrechtsen & Dybing, 1973; Casa et al., 1999), lo que ocurrió a través de un mayor número de semillas por planta.

Otra forma de mejorar la competitividad es mediante el uso de cultivos intercalados. Cuando el lino se sembró junto con el trébol rojo, mejoró la competitividad lo que sugiere un mejor uso de los recursos en este sistema de siembra (Smithson & Leneé, 1997, Andersen et al., 2004, Dhima, et al., 2007). Esta respuesta fue semejante a la registrada en otros cultivos. Thorsted *et al.* (2006), observaron una mayor captura de nitrógeno en trigo (*Triticum aestivum*) en intercultivo con trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en comparación con la monocultura de trigo. Además, Bellostas *et al.*, (2003) registraron ventajas competitivas en cebada (*Hordeum vulgare* L.) en intercultivo con colza (*Brassica napus* L. *oleifera*) o poroto (*Pisum sativum* L.) debido a su captura temprana de los recursos.

Hauggaard-Nielsen et al. (2001) observaron mayor habilidad competitiva en el sistema poroto-cebada que en sus monoculturas con una mayor acumulación de N en el grano de cebada en el intercultivo y Saucke & Ackerman, (2006) señalaron al intercultivo de poroto-falso lino como supresor de malezas al anticipar la captura de los recursos en relación a las malezas.

La mayor captura de recursos se visualizó en la mayor agresividad para nitrógeno registrado por el cultivo de lino cuando este se sembró con el trébol rojo que sin él. Esto no se tradujo en una mayor biomasa, como señalaron Vandemeer, (1981) y Poggio, (2005) o en mayor rendimiento del cultivo como registraron Ndakidemi & Dakora, (2007) en maíz (*Zea mays*) intersembrado con caupí (*Vigna unguiculata*). Se observó un contenido de este nutriente en la maleza, lo que pudo deberse a una menor disponibilidad.

Si bien los ensayos realizados no se hicieron con la finalidad de evaluar la competencia lino-trébol rojo, es importante destacar que la presencia del trébol solamente disminuyó la cobertura relativa del lino, sin afectar su biomasa temprana, el IAF, la altura de las plantas, el número de hojas, el rendimiento ni la biomasa al final del ciclo. Lo cual sugiere que la especie acompañante no compitió fuertemente con el cultivo. Esto se puede relacionar con el hecho que emergió después del lino y que, por su condición de leguminosa, al fijar nitrógeno atmosférico, deje mayor disponibilidad de este nutriente en el suelo y, mejore la habilidad del cultivo para competir con las malezas.

Bajo las condiciones del año 2002, el agregado del trébol rojo no mejoró la habilidad competitiva del cultivo de lino. Posiblemente, la cantidad de plantas de lino logradas en ambas densidades de este año fue lo suficientemente alta como para capturar los recursos necesarios y, en consecuencia, el intercultivo con trébol no mejoró la habilidad competitiva del cultivo. Sin embargo, pueden obtenerse otras ventajas asociadas a la inclusión del trébol tal como la mayor diversidad de la biomasa en el rastrojo y consecuentemente mejor calidad del mismo.

Los cambios en la habilidad competitiva del lino a través del aumento de la densidad del cultivo y/o en la siembra junto con el trébol rojo observados en este ensayo, ratifican que esta variable puede ser modificada mediante aquellas prácticas de manejo que determinen un mejor aprovechamiento espacial y temporal de los recursos, lo cual depende de las condiciones de cultivo. En este sentido, Acciaresi et al., 2001a y b, González Ponce & Santín (2001) y Guglielmini et al. (2000) observaron una mayor capacidad competitiva de trigo fertilizado con nitrógeno, mientras que Fernández *et al.* (2002) observaron la misma capacidad competitiva en el maíz fertilizado con N, y Puricelli et al. (2003) y Puricelli & Faccini (2005) en la soja sembrada en surcos cercanos.

La competencia temprana entre el lino y la maleza se reflejó a través de la menor biomasa y cobertura relativa de la maleza en el estado de roseta y, en la menor producción

de semillas y biomasa aérea total de la *Brassica* al final de su ciclo, lo que sugiere una menor apropiación de recursos cuando ésta no creció sola. Esto se visualizó en una menor cantidad de nitrógeno acumulado en su semilla y biomasa aérea, lo que sugiere que la presencia del lino y el trébol determinó menor disponibilidad de éste nutriente para la maleza (Weiner et al., 2001; Norris et al., 2001; Didon & Bostaön, 2003; Wicks et al., 2004). Esto indica que el lino en intercultivo con trébol rojo o creciendo sólo, limitó el acceso a los recursos de la maleza, lo que deprimiría los eventos reproductivos de la misma. De este modo se vería limitada su descendencia tal como lo señalaron González Ponce, (1998); Ghera y Martinez_Ghera et al. (2000); Martinez_Ghera et al. (2000) y Kegode et al. (2003). De este modo, el manejo de la densidad de siembra y/o la siembra en intercultivo podrían ser alternativas a través de las cuales no sólo se busque una mayor producción del cultivo principal, sino también se tienda a deprimir el crecimiento de las malezas (Hatcher & Melander, 2003).

De los valores de rendimiento relativo del lino y la maleza observados, se desprende que la competencia lino-maleza, en ambos años afectó menos la producción del lino (alrededor de 20 %) que la de la maleza (alrededor del 50 %) en todos los sistemas evaluados en el 2002 y cuando el lino se sembró a densidad alta o con trébol rojo en el 2003. Estos valores sugieren que la presencia del cultivo acompañante podría determinar una merma en el efecto de dicha competencia como observaron Arny, (1924); Stoa & Dillman, (1924) y Arny et al., (1929) para lino intersembrado con trigo.

Los cambios en la habilidad competitiva del lino observados en esta experiencia y el efecto supresivo del lino y del cultivo acompañante (trébol rojo) sobre el desarrollo de la maleza sugieren que las prácticas evaluadas pueden constituir un aporte al manejo agroecológico de malezas a través de un mejor uso de los recursos disponibles, tal como lo proponen Liebman & Dyck, (1993); Bhowmik, (1997) y Buhler, (1996, 1999 y 2002), mejorando la ocupación de los nichos ecológicos de las especies involucradas (Altieri, 1995, 2002).

De este modo, el aumento de la densidad del lino y la siembra con un acompañante, resultan estrategias de manejo de malezas en el largo plazo como propusieron Stevenson & Wright, (1996) y Acciaresi & Sarandón, (2002) y constituyen herramientas para un manejo del agroecosistema más sustentable (Trenbath, 1976; Swanton y Murphy, 1996; Hartzler, 1997). No obstante esto, es necesario continuar profundizando la posibilidad de incorporar estas prácticas a un manejo integrado de malezas y ajustarlas a diversas condiciones de cultivo, contemplando la posibilidad de evaluar modelos de que incluyan más de una maleza y así ampliar el alcance de las conclusiones alcanzadas.

CONCLUSIONES

- ✓ La siembra del lino a alta densidad y la inclusión del trébol rojo como cultivo acompañante, mejoran la captura de los recursos, por lo que dejan menor disponibilidad para ser utilizado por las malezas.
- ✓ La mayor habilidad competitiva del cultivo de lino sembrado a alta densidad y/o en intercultivo con trébol rojo determina una reducción de la producción de semilla de maleza y consecuentemente, una disminución en el banco de semillas. De este modo, estas prácticas constituyen un aporte para el control de malezas en el largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

- American Association of Cereal Chemists (AACC).** 1983. Approved methods 46-3 of the AACC 8th ed. Aacc; St. Paul, Minesota, USA.
- Acciaresi, H.A. & S.J. Sarandón.** 2002. Manejo de malezas en una agricultura sustentable. Capítulo 17. en Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. S.J. Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Buenos Aires. Pp: 331-361
- Acciaresi, H.A., H.O. Chidichimo & S.J. Sarandón.** 2001a. Wheat-*Lolium multiflorum* competence: effect of nitrogen application onto Argentinean varieties aggressivity. Cereal Research Communications 29 N° 3-4: 451-458.
- Acciaresi, H.A., H.O. Chidichimo & S.J. Sarandón.** 2001b. Trials related to competitive ability of wheat (*Triticum aestivum*) varieties against Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*). Biological Agriculture and Horticulture 19: 275-286.
- Acosta P.P.** 1972. Determinación del método y densidad de siembra para cultivares de lino oleaginoso. Informe técnico. INTA EEA Pergamino, Argentina 118: 1-15.
- Albrechtsen, R.S. & Dybing, C.D.** 1973. Influence of seeding rate upon seed and oil yield and their components in flax. Crop Science 13: 277-280.
- Altieri, M.** 1995. Una alternativa dentro del sistema. Ceres (FAO). Pp: 69-77.
- Altieri, M.** 2002. Agroecología: Principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Capitulo 2 en Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable. S.J. Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Pp: 49-56.
- Andersen, M.K., H. Hauggaard-Nielsen, P. Ambus & E.S. Jensen.** 2004. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. Plant and Soil 266: 273-278.
- Arny, A.C.** 1924. Wheat and flax as combination crops. Bulletin 206. University of Minnesota Agricultural Experiment Station. Pp: 1-12.
- Arny, A.C., T.E. Stoa, C. McKee & A.C. Dillman.** 1929. Flax cropping in mixture with wheat, oats, and barley. Technical Bulletin 133. United States Department of Agriculture Washington, D.C. Pp: 1-47.

- Barreyro, R.A. & G.E. Sánchez Vallduví.** 2002. Delimitación del período crítico de competencia de malezas en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum*). *Planta Daninha* 20 (3): 399-403.
- Bastiaans, L., R. Paolini & D.T. Baumann.** 2008. Focus weed management: what is hindering adoption? *Weed Research* 48: 481-491.
- Begna, S.H., R.I. Hamilton, L.M. Dwyer, D.W. Stewart, D. Cloutier, L. Assemat, K. Foroutan-Pour & D.L. Smith.** 2001. Weed biomass production response to plant spacing and corn (*Zea mays*) hybrids differing in canopy architecture. *Weed Technology* 15: 647-653.
- Bellostas, N., H. Hauggaard-Nielsen, M.K. Andersen & E.S. Jensen.** 2003. Early interference dynamics in intercrops of pea, barley and oilseed rape. *Biological Agriculture and Horticulture* 21: 337-348.
- Berkowitz, A.R.** 1988. Competition for resources in weed-crop mixtures. Chapter 7 in *Weed management in agroecosystems: ecological approaches*. Eds. M. Altieri & M. Liebman. CRC Press, Inc. Boca Raton. Florida. Pp: 89-119.
- Berti, A. & M. Sattin.** 1996. Effect of weed position on yield loss in soybean and a comparison between relative weed cover and other regression models. *Weed Research* 36: 249-258.
- Blackshaw, R.E., J.R. Moyer, K.N. Harker & G.W. Clayton.** 2005. Integration of practices and herbicides for sustainable weed management in a zero-till barley field pea rotation. *Weed Technology* 19: 190-196.
- Borges, C.P.D., A. Hashem & S. Pathan.** 2010. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. *Weed Science* 58: 174-178.
- Buhler, D.D.** 1996. Development of alternative weed management strategies. *Journal of Production Agriculture* 9 N° 4. 501-505.
- Buhler, D.D.** 1999. Expanding the Context of Weed Management. *Journal of Crop Production* 2 (1): 1-7.
- Buhler, D.D.** 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* 50 (3): 273-280.
- Bhowmik, P.C.** 1997. Weed biology: importance to weed management. *Weed Science* 45: 349-356.
- Casa, R., G. Russell, B. Lo Cascio & F. Rossini.** 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European Journal of Agronomy* 11: 267-278.
- Carr, P.M., B.G. Schatz, J.C. Gardner & S.F. Zwinger.** 1993. Grain yield and returns from intercropping wheat and flax. *Journal of Production Agriculture* 6 (1): 67-72.
- Carr, P.M., G.L. Martin & J.D. Harris.** 1997. Postplant tillage provides limited weed control in flax, lentil and spring wheat. www.ag.ndsu.nodak.edu/ndagres/ndagres.htm.
- D'Antuono, L.F. & F. Rossini.** 1995. Experimental estimation of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop parameters. *Industrial Crop Products* 3: 261-271.
- De Haan, R.L., C.C. Sheaffer & D.K. Barnes.** 1997. Effect of annual medic smother plants on weed control and yield in corn. *Agronomy Journal* 89: 813-821.
- Derksen, D.A., A.G. Thomas, G.P. Lafond, H.A. Loepky & C.J. Swanton.** 1994. Impact of agronomic practices on weed communities: fallow within tillage systems. *Weed Science* 42: 184-194.

- Didon, U.M.E. & U. Bostaön.** 2003. Growth and development of six barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L.) cultivars in response to model weed (*Sinapsis alba* L.). *Journal Agronomy & Crop Science* 189: 409-417.
- Didon, U.M.E. & M.L. Hansson.** 2002a. Competition between six spring barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L.) cultivars and two weed flora in relation to interception of photosynthetic active radiation. *Biological Agriculture and Horticulture* 20: 257-273.
- Didon, U.M.E. & M.L. Hansson.** 2002b. Growth in the seedling stage of four barley cultivars at different addition rates nutrients. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria* 332. Pp: 10.
- Diepenbrock, W. & N. Porksen.** 1992. Phenotypic plasticity in growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in response to spacing and n-nutrition. *J. Agronomy & Crop Science* 169: 46-60.
- Dhima, K.V., A.S. Lithourgis, I.B. Vasilakoglou & C.A. Dordas.** 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crop Research* 100: 249-256.
- Doll, H.** 1997. The ability of barley to compete with weeds. *Biological Agriculture and Horticulture* 14: 43-51.
- Fernandez-Aparicio, M, J.C. Sillero & D. Rubiales.** 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanches crenata* in legumes. *Crop Protection* 26 : 1166-1172.
- Fernandez, O.N., O.R. Vignolio & E.C. Requesens.** 2002. Competition between corn (*Zea mays*) and bermudagrass (*Cynodon dactylon*) in relation to the crop plant arrangement. *Agronomie* 22: 293-305.
- Ghera, C.M. & M.A. Martinez-Ghera.** 2000. Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crop Research* 67: 95-104.
- Giménez P.I. & D.M. Sorlino, 2006. Lino. In : Cultivos Industriales. Eds. E.B. de la Fuente, A. Gil, P.I. Jiménez, A.G. Kantolic, M. Lopez Pereira, E.L. Ploschuk, D.M. sorlino, M.P. Vilariño, D.F. Wassner & L.B. Windauer. 217-239. Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires.**
- Gonzalez Ponce, R.** 1998. Competition between barley and *Lolium rigidum* for nitrate. *Weed Research* 38: 453-460.
- Gonzalez Ponce, R. & I. Santín.** 2001. Competitive ability of wheat cultivars with oats depending on nitrogen fertilization. *Agronomie* 21: 119-125.
- Guglielmini, A.C., E.H. Satorre, F. Varela & D Miguens.** 2000. Nitrogen fertilizer application and competitive balance between spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Ecología Austral* 10: 133-142.
- Hartzer, R.G.** 1997. Crop Weed interactions: Integrated Pest Management. Iowa State University. University Extension. *Integrated Pest Management* 35. Pp: 1-8.
- Hatcher, P.E. & B. Melander.** 2003. Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed research* 43. 303-322.
- Hauggaard-Nielsen, H., P. Ambus & E.S. Jensen.** 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crop Research* 70: 101-109.

- Holman, J.D., A.J. Bussan, B.D. Maxwell, P.R. Miller & J.A. Mickelson.** 2004. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian dandel (*Lolium persicum*) interference. *Weed Technology* 18: 509-520.
- Husrev, M. & B.H. Zandstra.** 2005. Influence of wheat seeding rate and cultivars on competitive ability of Bifora (*Bifora radians*). *Weed Technology* 19: 128-136.
- Kegode, G.O., F. Forcella & B.R. Durgan.** 2003. Effects of common Wheat (*Triticum aestivum*) management alternatives on weed seed production. *Weed Technology* 17: 764-769.
- Korres, N.E. & R.J. Froud-Williams.** 2004. The interrelationships of winter wheat cultivars, crop density and competition of naturally occurring weed flora. *Biological Agriculture and Horticulture* 22: 1-20.
- Liebman, M. & E. Dyck.** 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3 (1): 92-122.
- Lindquist, J.L., D.A. Mortensen & B.E. Johnson.** 1998. Mechanisms of corn tolerance and velvetleaf suppressive ability. *Agronomy Journal* 90: 787-792.
- Lutman, P.J.W.** 1991. Weed control in linseed: a review. *Aspects of Applied Biology* 28: 137-144.
- Malézieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. De Tourdonnet & M. Valentin-Morison.** 2008. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy Sustainable Development*. www.agronomy-journal.org. Pp: 1-20.
- Makoi, J.H.J.R., S.B.M. Chimphango & F.D. Dakota.** 2010. Elevated level of acid and alkaline phosphatase activity in roots and rhizosphere of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes grown in mixed culture and at different densities with sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Crop & Pasture Science* 61: 279-286.
- Martinez-Ghersa, M.A., C.M. Ghersa & E.H. Satorre.** 2000. Coevolution of agricultural systems and their weed companions: implications for research. *Field Crop Research* 67: 181-190.
- Marshall, G., C.M. Hack & K.C. Kirkwood.** 1995. Volunteer barley interference in fibre flax (*Linum usitatissimum* L.). *Weed Research* 35: 51-56.
- McGilchrist, C.A., & B.R. Trenbath.** 1971. A revised analysis of plant competition experiments. *Biometrics* 27: 659-671.
- Milisich, H.J. & N. Formento.** 1997. Comportamiento de cultivares de lino. Años 1992-1996. En: actualización técnica en el cultivo de lino. Serie técnica N° 14. INTA Paraná. Argentina. Pp: 1-4.
- Milisich, H.J. & M.A. Gallardo.** 2008. Red de ensayos territoriales (R.E.T.) de lino (*Linum usitatissimum* L.) en la EEA Paraná. Campaña 2007/2008. www.inta.parana.gov.ar.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP).** 2011. www.sagpya.mecon.gov.ar
- Naudin, Ch., G. Corre-Hellou, S. Pineau, Y. Crozat & M. Jeuffroy.** 2010. The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: Crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation. *Field Crop Research* 119:2-11.
- Neumann, A., J. Werner & R. Rauber.** 2009. Evaluation of yield-density relationships and optimization of intercrop compositions of field-grown pea-oat intercrops using the replacement series and the response surface design. *Field Crop Research* 114: 286-294.
- Ndakidemi, P.A. & F.D. Dakora.** 2007. Yield components of nodulated cowpea (*Vigna unguiculata*) and maize (*Zea mays*) plants grown with exogenous phosphorus in

- different cropping systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 583-589.
- Norris, R.E. C.L. Elmore M. Rejmánek & W.C. Akey.** 2001. Spatial arrangement, density, and competition between barnyard grass and tomato: II. Barnyardgrass growth and seed production. *Weed Science* 49: 69-76.
- O'Donovan, J.T. & M.P. Sharma.** 1983. Wild oats, competition and crop losses. *Proceedings, Wild Oat Symposium*. Regina Canadá. Pp: 27-42.
- Poggio, S.L.** 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 48-58.
- Puricelli, E.C. D.E. Faccini, G.A. Orioli & M.R. Sabatini.** 2003. Spurred Anoda (*Anoda cristata*) Competition in Narrow-and Wide-Row Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 17: 446-451.
- Puricelli, E.C. & D.E. Faccini.** 2005. Effect of soybean spatial arrangement and Glyphosate dose on *Anoda cristata* demography. *Crop Protection* 24 (3): 241-249.
- Robinson, R.G.** 1949. The effect of flax stand on yield of flaxseed, flax straw, and weeds. *Agronomy Journal* 41:483-484.
- Saucke, H. & K. Ackerman.** 2006. Weed supresion in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). *Weed Research* 46: 453-461.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería pesca y Alimentación.** Campaña agrícola 2005/06. www.sagpya.mecon.gov.ar.
- Sánchez Vallduví, G.E. & C.C. Flores.** 2007. Acumulación y partición de la materia seca y del nitrógeno en el cultivo de lino (*Linum usitatissimum* L.). *Revista Científica Agropecuaria* 11 N° 2 : 77-86.
- Sánchez Vallduví, G.E., C.C. Flores, R.A. Barreyro, M.V. Manghi & S.J. Sarandón.** 2002. Competence of natural weed community at different moments of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop development. *Crops Research* 23 (2): 269-276.
- Sánchez Vallduví, G.E., A.M. Chamorro. L.N. Tamango, R.D. Signorio & W.R. Miranda.** 2006. Suma térmica para el cumplimiento del subperíodo emergencia-visualización del corimbo en diferentes cultivares de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L) en La Plata. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. La Agrometeorología y el desarrollo local. La Plata, Argentina. Actas: Pp: 115-116.
- Sarandón, S.J. & R. Sarandón.** 1995. Mixture of cultivars: plot field trial of an ecological alternative to improve production or quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Applied Ecology* 32: 288-294.
- Satorre, E.H. & R.W. Snaydon.** 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research* 32: 45-55.
- Scheineiter, O.** 2001. Trébol rojo. Capítulo 19 en Forrajeras y Pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. INTA. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp: 317-338.
- Scursoni, J.A. & E.H. Satorre.** 2005. Barley (*Hordeum vulgare*) and wild oat (*Avena fatua*) competition is affected by crop and weed density. *Weed Technology* 19: 790-795.
- Smithson J.B. & J.M. Lenné.** 1997. Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture. *Annals of applied Biology* 128: 127-158.
- Snaydon, R.W.** 1991. Replacement or additive designs for competition studies? *Journal of Applied Ecology* 28: 930-946.

- Stevenson, F.C. & A.T. Wright.** 1996. Seeding rate and row spacing affect flax yields and weed interference. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 537-544.
- Stoa, T.E. & A.C. Dillman.** 1924. Flaxseed production. Bulletin 178. Agricultural Experiment Station North Dakota Agricultural College. Pp: 1-43 .
- St Remy, E.A. de & P.A. O'Sullivan.** 1986. Duration of Tatar buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). Interference in several crops. *Weed Science* 34: 281-286.
- Swanton C.J., D.R. Clements & D.A. Derkesen.** 1993. Weed Succession under Conservation Tillage: A Hierarchical Framework for Research and Management. *Weed Technology* 7: 286-297.
- Swanton, C.J. & S.D. Murphy.** 1996. Weed Science beyond weeds: The role of integrated weed management (IWM). Agroecosystem health. *Weed Science* 44: 437-445.
- Thorsted, M.D., J.E. Olesen & J. Weiner.** 2006. Mechanical control of clover improves nitrogen supply and growth of wheat in winter wheat/white clover intercropping. *European Journal of Agronomy* 24: 149-155.
- Trenbath, B.R.** 1976. Plant interactions in Mixed Crop Communities. In *Multiple Cropping*. R.I. Papendick, A. Sánchez, G.B. Triplett (Eds.). ASA Special Publication N° 27, American of Agronomy, Madison, Wi. Pp: 129-169.
- Vandermeer J.** 1981. The interference production principle: an ecological theory for agriculture. *Bioscience* 31: 361-364.
- Wang, D., P. Marschener, Z. Solaiman & Z. Rengel.** 2007. Belowground interaction between intercropped wheat and *Brassic*as in acid and alkaline soils. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 961-971.
- Weiner, J., H.W. Griepentrog & L. Kristensen.** 2001. Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* 38: 784-790.
- Wicks, G.A., P.T. Nordquist, P.S. Baenziger, R.N. Klein, R.H. Hammons & J.E. Watkins.** 2004. Winter wheat cultivar characteristics affect annual weed suppression. *Weed Technology* 18: 988-998.

CAPITULO IV

APORTE A LA SUSTENTABILIDAD ECOLOGICA DE SISTEMAS DE MANEJO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE LINO OLEAGINOSO

INTRODUCCION

La agricultura es una de las actividades más importantes de la humanidad, por medio de la cual esta obtiene numerosos servicios y productos (Xu & Mage, 2001; Swift et al. 2004). La posibilidad de continuar brindándolos, depende del grado de disturbio que generen las prácticas agrícolas sobre los agroecosistemas y la intensidad de la práctica o tecnología empleada (UNEP, 1996), alteración que será variable en función de la vulnerabilidad de cada ecosistema (Metzger et al., 2005; 2006, Viglizzo & Frank, 2006). Una agricultura sustentable requiere preservar el ambiente y los recursos naturales (Ikerd, 1990) los que se consideran como capital natural (Harte, 1995), necesarios para permitir la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer a las futuras (WCED, 1987). En este contexto, surge claramente la necesidad de compatibilizar la productividad de los sistemas agrícolas con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales (Parris, 1999). Sin embargo, la agricultura moderna, basada en la simplificación y tecnificación de los sistemas productivos (Sarandón, 2002a), no es garantía de seguridad alimentaria para todos los sectores y tampoco tiene en cuenta los efectos en el largo plazo que pueda generar sobre los agroecosistemas (Swaminathan, 2007).

El proceso de modernización de la agricultura de los últimos años ha estado asociado al modelo tecnológico de la denominada "Revolución verde". Bajo una óptica reduccionista de los sistemas de producción, éstos dependen cada vez más de los agroquímicos, entre los que se encuentran los herbicidas (Chiappe, 2002; CASAFE, 2008). El uso predominante de este método para controlar malezas, ha impactado en forma negativa sobre el agroecosistema (Marshall, 2003). Entre las consecuencias de dicho impacto se pueden destacar: el aumento de biotipos de malezas resistentes a herbicidas (Papa *et al.* 2002), toxicidad del ambiente (Ferraro et al. 2003), mayor uso insumos (de la Fuente & Suárez, 2008), modificaciones en las comunidades de malezas y en las interacciones entre los integrantes del agroecosistema (Ghersa & León, 1999; Marshall, 2003). Teniendo en cuenta lo señalado, es claro que el uso de herbicidas como única metodología para controlar las malezas, se aleja de los principios y estrategias necesarios para diseñar sistemas agrarios sustentables (Altieri 2002a). Esta aseveración se fundamenta

en la idea que, para un diseño de agroecosistemas manejados en forma más sustentable, con menos impactos negativos ambientales y sociales y un menor uso de insumos externos, estos deben basarse en los siguientes principios señalados por Reinjntjes et al. (1992) (citado por Altieri 2002a):

- *Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y flujo balanceado de nutrientes.*
- *Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.*
- *Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en cobertura.*
- *Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en tiempo y espacio.*
- *Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.*

El modelo productivo moderno pone en riesgo la capacidad de resiliencia de los ecosistemas (Swift et al. 2004, Oesterheld, 2008) por lo cual, las funciones que este deja de cumplir deben ser suplidas a través del empleo de insumos externos (de la Fuente & Suárez, 2008; Sarandón, 2009). La diversificación de los sistemas de producción es una estrategia que aporta a la restauración y mejora la riqueza de especies y la diversidad funcional (Sumner, 1982, citado por Altieri 2002a).

El lino, es un cultivo alternativo en las rotaciones en la Región Pampeana Argentina, y puede ser considerado para mejorar la diversidad de los agroecosistemas de dicha Región. Se entiende que el mantenimiento o mejoramiento de los recursos productivos, es una condición necesaria para alcanzar la sustentabilidad. De este modo, entre los requisitos que debe cumplir una agricultura para ser considerada sustentable es que sea ecológicamente adecuada (Sarandón, 1996), y que el diseño y el manejo de los agroecosistemas estén orientados hacia ese fin (Sarandón & Sarandón, 1993). Es así, como la incorporación del cultivo de lino en los sistemas productivos extensivos de la Región Pampeana Argentina, excesivamente homogéneos, debe ir acompañada con un manejo que permita la conservación de los recursos productivos y minimice el impacto ambiental externo (Flores & Sarandón, 2003). Por este motivo y, teniendo en cuenta que la competencia con malezas es uno de los principales factores que limitan su producción, es necesario evaluar estrategias, complementarias al control con herbicidas, que, además de disminuir el impacto

de la competencia (Buhler, 1996), disminuyan el costo económico y ambiental, favorezcan un mejor uso de los recursos (Liebman & Dyck, 1993; Bhowmik, 1997; Buhler, 1999, 2002) y se basen en los principios ecológicos señalados por Reinjntjes et al. (1992) (citado por Altieri 2002a).

Entre las prácticas de manejo de malezas que pueden complementar el uso de herbicidas, se encuentran el aumento de la densidad del cultivo principal, cambios en el arreglo espacial que favorezcan la capacidad competitiva del cultivo y la siembra en intercultivo (Acciaresi & Sarandón, 2002; Pollnac et al., 2008). En un marco de análisis integral de la problemática de las malezas, resulta necesario saber el impacto que las prácticas de manejo de las mismas pueden tener sobre el sistema agrícola, y balancear la necesidad de controlar las malezas con los requerimientos de producción sustentable (Marshall et al., 2003; Dollacker & Rhodes, 2007). Para el logro de este objetivo, es necesario un cambio de enfoque en la evaluación de las técnicas aplicadas para el control y manejo de malezas, donde el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de interés, deberían ser consideradas como una variable más a evaluar y realizar un análisis a nivel de ecosistema (Buhler, 2006). A pesar de esta necesidad, el rendimiento de los cultivos sigue siendo la principal variable de interés. Este tipo de análisis no escapa a los estudios de competencia con malezas en el cultivo de lino (Friesen, 1986; Barreyro, et al., 1994; Barreyro & Sánchez Vallduví et al., 2002).

El agroecosistema es un sistema complejo. Por lo tanto, la evaluación de su capacidad para brindar bienes y servicios y hacer frente a las situaciones de estrés, debe ser evaluada teniendo en cuenta dicha complejidad (Odum, 1984, Xu & Mage, 2001, Flores & Sarandón, 2003). El análisis de la problemática de las malezas con un enfoque agroecológico, requiere que sea abordada con una visión amplia, que supere lo estrictamente económico (rendimiento del cultivo) y que, para su evaluación, se tengan en cuenta, simultáneamente, varios objetivos ya que este enfoque propone una visión holística y sistémica (Odum, 1984; Flores & Sarandón, 2003). En este contexto, es necesario considerar las consecuencias que las prácticas de producción tengan en el largo plazo (Girardin & Bockstaller, 1997; Buhler, 1999; Acciaresi & Sarandón, 2002; Flores & Sarandón, 2004; Gontier, et al., 2006) y entender los principios ecológicos en los que se basan las prácticas de manejo utilizadas (Altieri, 2002b).

En general, la aplicación de tecnología no ha ido acompañada de la evaluación de la sustentabilidad, porque la variable de análisis o la principal, ha sido el rendimiento. Existe un desafío que es compatibilizar productividad con la conservación de los recursos para lo cual es necesario un cambio en el análisis y realizarlo con un enfoque sistémico.

La evaluación de la agricultura desde un punto de vista amplio requiere definir indicadores agroambientales apropiados, los cuales, deben ser adaptados a cada caso de

estudio (Yli-Viikari, et al., 2007; Heink & Kowarik, 2010). A través del uso e interpretación de indicadores desarrollados para tal fin, se pueden alcanzar elementos de juicio para responder lo que puede ocurrir si se sigue con un determinado manejo durante varios años (Torquebiau, 1992; de Camino & Muller, 1993; Parris, 1999; Lefroy et al., 2000; Cambiar, et al. 2001; Sarandón, 2002b, Viglizzo, et al. 2003; Viglizzo, et al. 2006; Gough, et al. 2008; Rubio, et al., 2011) y facilitar el desarrollo de políticas, programas y proyectos (Viglizzo, et al. 2003). El cálculo de índices de sustentabilidad puede ser utilizado para evaluar como ésta es afectada por una nueva tecnología, cuyo efecto será variable de acuerdo a las particularidades de cada sitio en el cual se pongan en práctica (Ghersa et al., 2002). El problema es que no se han desarrollado herramientas y/o métodos apropiados para evaluar esa complejidad de una manera objetiva (Sarandón, 2002b). La necesidad de monitorear el ecosistema fue señalada en una Conferencia en la que participaron varios países llevada a cabo en el 2003 en Italia (Müller & Lenz, 2006). Allí también señalaron al uso de indicadores como una estrategia a implementar para el análisis del manejo del medio ambiente y destacaron a su uso como una herramienta que intenta representar las características principales y reducir la complejidad. Por lo tanto el uso de indicadores constituye una herramienta práctica para monitorear la sustentabilidad de los agroecosistemas (Castoldi & Bechini 2010).

Se considera como indicador a una variable seleccionada y cuantificada que permite ver una tendencia que de otra manera no es fácil de detectar. Un indicador es un elemento que permite valorar un determinado aspecto que se quiere evaluar; debe brindar información importante y esencial para el funcionamiento del sistema; deben ser claros, objetivos, generales y deben permitir identificar conflictos y mostrar tendencias (Sarandón, 2002b, Viglizzo et al. 2002; van der Werf & Petit, 2002; Moreno, et al. 2006; Donnelly, et al. 2007; Gough, et al. 2008). Varios autores han trabajado en el desarrollo de indicadores de sustentabilidad (Sarandón, et al. 2001; Ghersa, et al. 2002; Viglizzo, et al. 2003; Moreno et al. 2006, Abbona, et al. 2007; Bunnell, 2008; Tasser, et al. 2008; Iermanó & Sarandón, 2009, Viglizzo et al. 2009; Castoldi & Bechini 2010). Sin embargo, poco se ha trabajado en indicadores de sustentabilidad para evaluar las prácticas de manejo de malezas (Ferraro, et al. 2003; Biarnès, et al. 2009). Por este motivo, resulta necesario contar con un conjunto de indicadores que permitan evaluar el aporte a la sustentabilidad de distintas alternativas de manejo de las malezas y detectar aquellos puntos críticos que comprometan la sustentabilidad del agroecosistema.

En esta tesis se evaluaron distintas alternativas de manejo del sistema cultivado tales como variaciones en el arreglo espacial, la densidad de siembra del lino y la siembra del lino en intercultivo. Los resultados referidos a la competencia cultivo-maleza fueron presentados en los capítulos II y III de esta tesis.

Hipótesis:

- *El aumento de la densidad de siembra del lino, la siembra en intercultivo con trébol rojo y la siembra al voleo son alternativas de manejo que presentan puntos más favorables a la sustentabilidad desde la dimensión ecológica que el control de malezas principalmente con herbicidas.*

Objetivos:

1- Construir indicadores de sustentabilidad que permitan evaluar diferencias en el aporte a la sustentabilidad ecológica del aumento de la densidad de siembra y/o la siembra al voleo del cultivo de lino, y/o su intercultivo con trébol rojo, como alternativas de manejo de malezas en lino.

2- Comparar a través del uso de indicadores seleccionados para tal fin, el aporte de la dimensión ecológica a la sustentabilidad del agroecosistema del aumento de la densidad de siembra y/o la siembra al voleo del cultivo de lino, y/o su intercultivo con trébol rojo, como alternativas de manejo de malezas en lino.

MATERIALES Y METODOS

Se comparó el modelo de producción del cultivo de lino utilizado en la región productora en el cual las malezas se controlan principalmente a través de herbicidas, con alternativas de manejo de malezas complementarias al uso de herbicidas tales como la siembra del lino al voleo, el uso de densidad alta del lino y la siembra del lino en intercultivo con trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) como cultivo acompañante.

Se consideró como sistema convencional al lino sembrado con preparación de la cama de siembra a través de labranzas, con una densidad de 800 semillas por m² sembrado en surcos y, con control de malezas a través del herbicida post-emergente MCPA 28 % (200 gsa/ha). Se consideró al cultivo de lino sembrado a densidad alta cuando se utilizaron 1600 semillas por m².

En el sistema de siembra de lino en intercultivo con un acompañante, se sembró trébol rojo en el surco junto con el lino a razón de 5 kg ha⁻¹ (densidad de siembra

recomendada en la zona para la siembra del trébol puro).

Todos los sistemas alternativos se compararon con y sin el uso de herbicida. En los sistemas con herbicida, se consideró que las malezas fueron controladas con el mismo herbicida y dosis que en el sistema convencional.

Para la comparación de los sistemas se construyeron y utilizaron indicadores de sustentabilidad. En primer lugar se definió el **marco conceptual** bajo el cual se trabajó y luego se siguieron los pasos propuestos por Sarandón & Flores (2009) a través de la realización de las siguientes **etapas de trabajo**:

1. Se desarrollaron indicadores de sustentabilidad.
2. Se estandarizaron y ponderaron los indicadores.
3. Se realizó el registro de datos.
4. Se tradujeron los indicadores en una representación gráfica.
5. Se analizó el impacto de los sistemas sobre la sustentabilidad del sistema.

Marco conceptual:

Se consensuó como definición de *desarrollo sustentable* a lo señalado en el informe Brundtland, WCED (1987), como *aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer a las necesidades de las generaciones futuras*. En este marco, se entiende como agricultura sustentable a aquella que es capaz de mantener, a través de los años, niveles aceptables de productividad, preservar el medio ambiente y los recursos naturales, y satisfacer las necesidades de la sociedad (Ikerd, 1990).

El desarrollo de los indicadores se realizó adoptando el concepto de sustentabilidad fuerte, por lo que se consideró que el capital natural (reservas ambientales), sólo en algunos casos particulares puede ser sustituido por capital hecho por el hombre (manufacturado) (Costanza, 1991; Cabeza Gutés, 1996). Este concepto se tuvo en cuenta al momento de realizar la ponderación de los indicadores (Sattler, et al., 2010). A su vez, la definición de los indicadores se hizo bajo un marco de análisis ecosistémico, el cual trata de minimizar aquellas prácticas que tengan como consecuencia efectos negativos para el agroecosistema que resulten irreversibles (Harte, 1995).

Para que una agricultura sea sustentable, debe ser ecológicamente adecuada: que conserve la base de recursos naturales y preserve la integridad del ambiente a nivel local, regional y global. Una agricultura sustentable debe permitir la producción de suficiente cantidad de alimentos y en forma compatible con las necesidades del productor, pero además conservar el medio ambiente (Sarandón & Sarandón, 2003; Sarandón, 2002a,

Chikowo et al., 2009). Teniendo en cuenta estas premisas, se tuvieron en cuenta aspectos relacionados con el uso y conservación de los recursos intra y extraprediales y, se evaluaron aspectos que contemplen o afecten la **capacidad productiva del agroecosistema** y el **impacto ambiental externo al predio**.

Se calcularon indicadores a partir de datos obtenidos en parcelas de ensayos y datos bibliográficos, metodología ya utilizada por Girardin & Bockstaller (1997) como herramienta para evaluar sistemas de cultivo. Se planteó la evaluación de aspectos ambientales a través de *indicadores ecológicos* (Viglizzo et al., 2002; 2003). Se evaluaron indicadores de *presión* o *efecto* que son aquellos que indican el efecto que ejercen las distintas prácticas de manejo sobre el funcionamiento del sistema (Sarandón & Flores, 2009) o el medioambiente (van der Werf & Petit, 2002).

Se eligieron indicadores sencillos, fáciles de obtener y que, además de su importancia fueran pertinentes.

Se tuvo en cuenta la importancia y confiabilidad de los indicadores en función a su aporte a la sustentabilidad. Esto dio elementos para su correcta ponderación. Se asumió que el *set* de indicadores sirve para evaluar la sustentabilidad de diversas situaciones de acuerdo a lo expresado por Gomez, et al., (1996).

Etapas de trabajo:

1. Desarrollo de indicadores ecológicos de sustentabilidad (IS):

Para desarrollar los indicadores ecológicos de sustentabilidad se tuvo en cuenta que una agricultura sustentable debe garantizar tanto la capacidad productiva del agroecosistema a lo largo del tiempo como la conservación del medio ambiente. Por este motivo se consideraron aspectos que contemplen o afecten:

I- La capacidad productiva del agroecosistema.

II- El impacto ambiental externo al predio.

I- La capacidad productiva del agroecosistema (CPAS):

Para analizar aspectos que afecten la capacidad productiva del agroecosistema, se consideraron los recursos suelo y biodiversidad del agroecosistema cultivado. Se consideró como recurso a todo aquello que se obtiene del ambiente vivo o no vivo para satisfacer necesidades. Entre ellos, los recursos materiales pueden ser: no renovables, aquellos que existen en una cantidad fija y son agotables ya que se los utiliza a una velocidad mayor que el tiempo en que se forman, y los potencialmente renovables (generalmente denominado renovable) son aquellos que pueden durar en forma indefinida, siempre y cuando la velocidad de reposición de los procesos naturales sea mayor que la velocidad a la cual se utilizan (Tyler Millar, 1994). Estos recursos son aprovechados por el hombre para obtener bienes y servicios. Harte (1995) define como capital natural al “stock” de recursos que provee de bienes y servicios, los que pueden ser renovables o no renovables.

El mantenimiento o mejoramiento de los recursos productivos, es una condición necesaria para alcanzar la sustentabilidad, por esto es necesario que el ritmo de utilización de los recursos naturales renovables sea menor o igual al de su reposición (Flores & Sarandón, 2003). Se consideraron para la evaluación de la capacidad productiva del agroecosistema a los recursos:

A- Suelo.**B- Biodiversidad.****A- Suelo:**

Se entiende como calidad del suelo a la “capacidad del mismo para funcionar dentro de los límites del ecosistema para sostener la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la sanidad vegetal y animal”. (Doran & Parkin, 1994). Desde una visión de sustentabilidad del suelo debe considerarse en un sentido activo, en el cual juega un rol en el suministro de agua y nutrientes a las plantas, lo cual está estrechamente relacionado con las propiedades biológicas, químicas y físicas del mismo (Lefroy & Craswell, 1997). Para que el manejo del suelo sea sustentable, se debe mantener y/o mejorar sus propiedades, ya que estas se encuentran estrechamente relacionadas con la calidad del mismo. Las actividades relacionadas con el uso de la tierra, particularmente las relacionadas con la agricultura y la forestación, pueden tener un considerable impacto sobre la salud biológica del suelo, entendida como la habilidad del suelo para mantener su capacidad productiva, manejar el estrés y recuperar el equilibrio luego de una perturbación (Park &

Cousins, 1995). Las prácticas de manejo y los factores ambientales modifican las características biológicas, físicas y químicas del suelo y, consecuentemente, determinan diferente grado de sustentabilidad del sistema.

Para evaluar la manera que la tecnología afecta al recurso suelo se consideraron aspectos relacionados al manejo que afecten a las **propiedades bióticas, físicas y químicas** del mismo.

1) Propiedades bióticas del suelo (vida del suelo):

El suelo es un sistema complejo y dinámico donde interactúan diversos organismos vivos (micro y mesofauna), los que tienen efectos directos o indirectos sobre las propiedades del suelo y los procesos que allí ocurren (Marasas, 2002). Osorio & Velásquez Alcantara, (1999) definieron como degradación biológica del suelo a la reducción del humus en la capa superficial del mismo, disminución de la actividad microbiológica, eliminación de cepas nativas de microorganismos que participan en el reciclaje de N y P, y de aquellos que ayudan a regular las poblaciones de patógenos. Dicha degradación biológica se relaciona con la eliminación de la cobertura vegetal y la incapacidad de garantizar el reciclaje de la biomasa producida, situación que empeora por la aplicación de herbicidas que afectan directamente a la población microbiana del suelo.

Los cambios en el uso de la tierra y en el ambiente del suelo resultantes de la actividad agrícola u otra realizada por el hombre, modifican la cantidad, diversidad y funcionalidad de los organismos del suelo (Facknath & Lalljee, 1999; Doran & Zeiss, 2000), lo cual puede variar según el genotipo sembrado (Wang et al. 2007). Estas modificaciones se relacionan con los cambios que ocurren en la vegetación original, la cobertura del suelo, el balance de nutrientes, por lo que se modifican las interacciones entre los organismos que habitan el suelo y, consecuentemente, sus propiedades bióticas (Abril, 2002; Noe & Abril, 2008). Las prácticas que mejoran la actividad biológica del suelo, mantendrán en el largo plazo la productividad y salud del mismo (Andow, 1991; FAO-AGLL Portal: Soil Biodiversity, 2002).

En campos de producción orgánica se ha señalado una mayor calidad del suelo, indicada a través de una mayor biomasa y actividad microbiana (Marinari et al., 2006). Por otra parte, Fließbach et al. (2007) enfatizaron el rol importante que tiene una abundante y activa comunidad microbiana en el proceso de ciclaje de nutrientes en sistemas orgánicos.

Se desarrollaron tres indicadores para medir el impacto del manejo sobre las propiedades bióticas del suelo: la *diversidad vegetal*, el *uso de herbicidas* y la *materia seca restituida al sistema*.

a) Indicador: diversidad vegetal

Los servicios ecológicos que proporcionan los componentes de la diversidad biológica fueron destacados en la quinta conferencia de las partes del convenio de biodiversidad (UNEP, 2000). Los grupos funcionales de microorganismos varían según la composición química de los restos vegetales (Noe & Abril, 2008). Cuanto mayor sea la complejidad vegetal, mayor será la biomasa del suelo, y mayor la diversidad de los grupos funcionales, lo cual se relaciona positivamente con la productividad del sistema (Hector et al., 1999). Los atributos de las especies difieren entre sí, las Leguminosas son un grupo que se destaca como integrante de los ecosistemas principalmente por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. La incorporación de Leguminosas en las rotaciones y su asociación con cultivos ha sido propuesta como una alternativa de bajo costo para mantener y recuperar la fertilidad del suelo (Osorio & Velásquez Alcantara, 1999).

Se consideró más sustentable el sistema que tenga mayor número de especies en su composición y aquel que contenga Leguminosas más que el que no las posea.

b) Indicador: uso de herbicidas

El uso de agroquímicos afecta no solamente a los organismos que se desea controlar sino también a otras especies que habitan el suelo. Comúnmente el uso de agroquímicos disminuye el número de especies de organismos del suelo (Facknath & Lalljee, 1999) y también puede afectar sus características morfológicas, fisiológicas y patológicas (Hill, 1977). Lupwayi et al., (2009) registraron cambios en la comunidad bacteriana del suelo en un cultivo de colza con la aplicación de diferentes herbicidas, lo cual puede afectar a las redes alimenticias y los procesos biológicos que ocurren en el suelo. El efecto del herbicida dependerá del propio herbicida, del clima y de las características del suelo. Si bien es poca la información referente al efecto directo de los herbicidas sobre los organismos del suelo, se puede inferir que un alto uso de pesticidas disminuiría la diversidad biológica del suelo y, probablemente, el efecto más importante de la aplicación de herbicidas sea la interrupción de la integración microorganismos-planta, alterando la densidad y actividad de las poblaciones rizosféricas, especialmente las fijadoras de nitrógeno (Abril, 2002).

Dentro de las características propias de los herbicidas, la toxicidad da idea de su peligrosidad, y es uno de los factores considerados determinantes del impacto de la aplicación de un pesticida. Por este motivo, y, teniendo en cuenta que en este trabajo no se

pretende comparar el efecto de distintos herbicidas, se utilizó a la toxicidad como elemento para construir el indicador de vida del suelo: *uso de herbicidas*.

Se consideraron más sustentables aquellos sistemas que no utilizan herbicidas o, en el caso de usarlo, aquellos que usan productos de menor toxicidad.

c) Indicador: materia seca restituida al sistema

Muchos organismos del suelo cuentan con la materia orgánica del mismo como fuente para su alimentación. Generalmente, hay una correlación positiva entre el contenido de C orgánico en el suelo y la biomasa microbiana, por lo que las prácticas que incrementan la materia seca aportada al suelo, también incrementan la actividad biológica del mismo (Dick, 1992; Penfold et al. 1995) y el ciclado de nutrientes (Clapperton, 1999).

Aquellas prácticas de manejo que determinen una mayor restitución de la materia seca al suelo harán un mayor aporte a la sustentabilidad del mismo.

2) Propiedades físicas:

Una de las características determinantes de la condición física del suelo es su estructura, la cual puede ser modificada por el impacto que ejerza el sistema de manejo del mismo (Primavesi, 1984), y provocar cambios en sus propiedades.

Se desarrollaron tres indicadores que afectan las propiedades físicas del suelo: el *porcentaje de cobertura del suelo*, la *cantidad* y el *porcentaje de residuo remanente* luego de la cosecha.

a) Indicador: porcentaje de cobertura de suelo

Las prácticas que provean una mejor cobertura del suelo proveerán de protección a la superficie del mismo, incorporarán residuos y materia orgánica por lo que se espera que mejoren aspectos relacionados con su calidad, como un control de la erosión, temperatura, diversidad entre otros (Donahue & Auburn, 1996; USDA, 1996; Arnold, et al. 1997; McCarthy, et al. 1993; Gregorich, et al. 2001). Swift et al. (2004) señalaron que una mayor cobertura vegetal favorece la diversidad funcional del sistema y, consecuentemente, la capacidad de resiliencia del mismo.

Se consideró que los sistemas de manejo con mayor cobertura del suelo realizará un aporte mayor a la sustentabilidad del mismo que aquellos con menor cobertura.

b) Indicador: cantidad de residuo remanente**c) Indicador: porcentaje de residuo remanente**

La pérdida de la estructura del suelo es una forma de degradación física del mismo, que se produce principalmente por la eliminación de la cobertura vegetal y el uso intensivo de labranza convencional (Osorio & Velásquez Alcantara, 1999). Los sistemas productivos que afectan la reserva de materia orgánica, como consecuencia, modifican a los organismos que dependen de ella. Generalmente, existe asociación positiva entre el contenido de C en el suelo y la biomasa microbiana, es esperable que ante una mayor cantidad de materia orgánica que sea incorporada mayor será la actividad de los mismos (Dick, 1992) y, consecuentemente, la salud biológica del suelo (Park & Cousins, 1995). Los residuos vegetales y animales son precursores del C del suelo. Contribuyen a la fertilidad química y afectan a las propiedades físicas y biológicas del mismo. Sistemas que generen mayor biomasa vegetal y mayor cobertura del suelo tendrán mejores propiedades físicas del mismo, favorecerán una estructura más estable y distribución equilibrada del espacio poroso y, además, permitirán un mejor control de la erosión, lo cual se relaciona directamente con una mayor sustentabilidad en el largo plazo (Ghosh, et al. 2009).

Al incrementar la cantidad de residuos en el suelo en cierta manera se modifica la cantidad y tipo de materia orgánica y, consecuentemente, puede mejorar el grado de estabilidad y agregación del mismo (Lefroy & Craswell, 1997). Esta característica del suelo también es modificada por la proporción de materia seca restituida al mismo (Donahue, 1996; Dickey, et al. 1997), lo cual es variable de acuerdo a las características propias de los cultivos (producción de biomasa, índice de cosecha) y del manejo que se haga del sistema cultivado. A su vez, la calidad del residuo luego de cosecha (relación C/N del mismo) afecta la actividad microbiana, con una más rápida descomposición cuando se incorporan leguminosas en la rotación (Reisei, 2006).

b) Las prácticas de manejo de malezas que tiendan a incorporar mayor cantidad de residuo remanente al sistema, expresado como el peso de la materia seca no extraída del mismo, realizan un mayor aporte a la sustentabilidad del mismo.

c) Las prácticas de manejo de malezas que dejen mayor porcentaje de materia seca restituida al sistema en relación a la materia seca aérea total acumulada al final del ciclo del cultivo, realizan un mayor aporte a la sustentabilidad del mismo.

3) Propiedades químicas:

La fertilidad química del suelo es uno de los factores que hacen a la determinación del rendimiento de los cultivos, por lo que su mantenimiento debe ser un objetivo primordial para cualquier sistema de producción agrícola sustentable. Por lo tanto, el agricultor debe reponer los nutrientes que se extraen del suelo. El tiempo que tarde en agotarse el suelo dependerá no sólo del déficit generado sino también de la cantidad de nutrientes que el mismo tenga (Stoorvogel, 2001). Generalmente, para contar con una buena nutrición se aplican fertilizantes, muchas veces en cantidades mayores a las necesarias o en momentos no adecuados y, como consecuencia, ocurren efectos negativos sobre el balance de nutrientes, toxicidad y lixiviación (Lefroy & Craswell, 1997; Sattler, et al., 2010). Una importante estrategia para disminuir la necesidad de incorporar insumos externos para mantener el nivel nutricional del suelo, es mantener los residuos orgánicos de modo tal que se favorezca el ciclado de los nutrientes y, consecuentemente, la disponibilidad de los mismos (Swift, et al., 2004).

Un aspecto que se considera relevante por la implicancia que tiene en una agricultura sustentable es el balance de nutrientes (Smaling & Fresco, 1993; Koning et al., 1997; Magdoff et al., 1997; Parris, 1999). Para que un sistema sea sustentable, los balances de los diferentes nutrientes deberían ser equilibrados.

El nitrógeno es uno de los tres macronutrientes necesarios para un adecuado crecimiento de los cultivos. Teniendo en cuenta que un sistema ecológicamente adecuado, debe mantener el nivel de este nutriente en el suelo, se hace necesario realizar prácticas que restituyan lo exportado. En los sistemas extensivos de la Región Pampeana Argentina, es habitual la fertilización nitrogenada, con una alta probabilidad que este nutriente no sea aprovechado por el cultivo y se lixivie o volatilice, lo que significa, no solamente una pérdida desde el punto de vista económico, sino también un importante impacto sobre el medio ambiente. Con el objetivo de maximizar la disponibilidad de N en el suelo y minimizar el uso de insumos de alto costo energético, como son los fertilizantes nitrogenados, cobran fundamental importancia las especies fijadoras de N atmosférico. La fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico puede significar un ahorro en el uso del N disponible en el suelo, un menor requerimiento de fertilización con este nutriente y una mayor disponibilidad del mismo a futuro.

Se desarrolló un indicador de propiedades químicas: el *balance de nitrógeno*.

a) Indicador balance de N:

A través de la fijación biológica de N se puede incorporar N en el sistema. La cantidad de N de los residuos en la superficie del suelo y en las raíces, depende tanto de la forma cómo el residuo es retenido, como del manejo del sistema. Las leguminosas tienen una tasa de abastecimiento de N generalmente elevada ya que tienen alta concentración de N y, el C es mayormente de fácil descomposición. Las prácticas de manejo, como la incorporación de residuos de Leguminosas, incrementan la disponibilidad de N en el suelo para el cultivo siguiente debido a que poseen una alta tasa de descomposición (Lefroy & Craswell, 1997).

Se consideró que un sistema será más sustentable cuanto menos negativo sea el balance de N.

B- Biodiversidad

Otro de los recursos importantes que deben mantenerse en el tiempo es la biodiversidad.

Una mayor biodiversidad en los agroecosistemas favorece el reciclaje de nutrientes, el control de plagas y la conservación de agua y del suelo, entre otras funciones o servicios agroecológicos. Cuanto mayor sea la diversidad biótica de un suelo, este tendrá mayor posibilidad de adaptarse a disturbios ocurridos en el sistema. Por lo tanto, aquella práctica de manejo que favorezca la biodiversidad del sistema hará un mayor aporte a la sustentabilidad del mismo (Pimentel et al., 1997, Malézieux et al., 2008). Hector et al., (1999) registraron que en sitios en los cuales la diversidad vegetal fue mayor, la captura de recursos también lo fue, y observaron mayor productividad en los sistemas con presencia de Leguminosas, especialmente *Trifolium pratense* L.

En la tercera conferencia de las partes del convenio sobre biodiversidad (UNEP, 1996) se destacó que el uso inapropiado y la excesiva dependencia en agroquímicos ha producido un sustancial efecto negativo sobre ecosistemas terrestres, incluidos organismos del suelo, costas y acuáticos, perjudicando, por lo tanto, la biodiversidad de diferentes ecosistemas. También se reconoce al uso de policultivos como práctica que aumenta o mejora la diversidad biológica en los paisajes agrícolas. Por otra parte, en la quinta conferencia de las partes (UNEP, 2000) se definieron cuatro dimensiones de la diversidad agrícola, una de ellas son los componentes de la diversidad biológica que prestan servicios ecológicos (el ciclo de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la regulación de plagas y enfermedades, la

polinización, el mantenimiento y mejora de la fauna y la flora silvestre y los hábitos locales en sus paisajes, el mantenimiento del ciclo hidrológico, el control de la erosión, la regulación del clima y la absorción del carbono).

En sistemas simplificados como son los de la Región Pampeana Argentina, la incorporación de una especie más a un sistema extensivo de cultivo, puede significar un importante aporte a la biodiversidad del agroecosistema cultivado. Una de las ventajas de la diversificación es la mejora en las oportunidades ambientales para la entomofauna benéfica, lo cual da la oportunidad de un mayor control biológico de plagas (Nicholls, 2006). La coexistencia de diferentes familias vegetales en un agroecosistema es importante porque pueden proporcionar servicios ecológicos (Sarandón, 2009), especialmente si alguna de ellas es Leguminosa ya que estas son reconocidas por ser visitadas por polinizadores entre los que se encuentran los enemigos naturales. En este sentido, Facknath & Lalljee, (1999) señalaron a la práctica de cultivos múltiples como alternativa para incrementar la diversidad de organismos en el suelo.

Se consideró como indicador de la biodiversidad funcional a la *diversidad vegetal* del agroecosistema cultivado.

a) Indicador: *diversidad vegetal*

Los sistemas más simplificados, con menor número de especies son más susceptibles a adversidades y más dependientes de insumos externos. Hay evidencias que la biodiversidad del suelo confiere estabilidad y resiliencia ante el estrés (Clapperton, 1999; Brusaard et al., 2007, Prober & Smith, 2009). Esta capacidad del suelo para funcionar como sistema vivo que sostiene la productividad biológica, promueve la calidad ambiental y mantiene la sanidad animal y vegetal, está correlacionada con muchas funciones beneficiosas del suelo (Doran & Zeiss, 2000). La flora y fauna del suelo cumplen una serie de funciones esenciales para la integridad y productividad del sistema (Wall & Moore, 1999; Palm & Swift, 2000). Se ha observado que ambientes con mayor diversidad vegetal permitirían albergar importantes enemigos naturales con hábitos y hábitat diferentes, los que pueden contribuir a la regulación de poblaciones de plagas (Paleologos et al, 2008). A su vez, se ha registrado una mayor abundancia de carabidofauna (importante grupo polífago de predadores) en los márgenes de campos cultivados con trigo, asociado ésto a una mayor diversidad vegetal (Marasas et al, 2010).

Se consideró más sustentable el sistema que tenga mayor número de especies vegetales en su composición y aquel que contenga Leguminosas más que el no las posea.

II- Impacto ambiental externo al predio (IAE):

Se consideraron aquellos aspectos que, aunque no atentan contra la productividad del sistema, causan un daño al ambiente o a la salud de animales y/o de la población en el corto o largo plazo. En la quinta conferencia de las partes (UNEP, 2000) instan a las partes a emplear un enfoque por ecosistema, y señalan que *“los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los sistemas adyacentes y otros ecosistemas”*. Algunas prácticas de manejo afectan no solamente al propio agroecosistema, sino que también tienen impacto sobre el ambiente externo al mismo.

La contaminación del ambiente es uno de los efectos asociados a la intensificación de la agricultura. Entre los factores que la ocasionan se encuentra la presencia de agroquímicos los que constituyen un importante factor contaminante de las aguas de consumo.

Por otra parte, la agricultura moderna está basada en la tecnificación y en un alto uso de insumos externos con el objetivo de maximizar el rendimiento de los cultivos (Sarandón, 2002a), lo cual ha llevado a un aumento en la utilización de energía, principalmente proveniente de fuentes fósiles, lo que en la actualidad se está transformando en un recurso escaso. Teniendo en cuenta que una agricultura sustentable, requiere de un uso eficiente de la energía (Pervanchon et al., 2002), es necesario evaluar la eficiencia de uso de la misma (Gliessman, 2001) y considerar el balance energético como una importante información para caracterizar a los sistemas de cultivo (Rathke & Diepenbrock, 2006).

La cantidad de C orgánico y su dinámica tiene fuerte impacto sobre el ciclo global del C, el cual es afectado por las prácticas agrícolas-ganaderas. A través del proceso de fotosíntesis, los vegetales secuestran dióxido de carbono desde la atmósfera y lo convierten en biomasa. El manejo del suelo, especialmente a través de la agricultura y la forestación, juega un importante rol en la captura de C atmosférico y, consecuentemente, en mitigar el cambio climático que ocurre entre otros factores como consecuencia del enriquecimiento de la atmósfera de dióxido de carbono (Lal, 2004; Oelbermann et al., 2004).

Se consideraron como indicadores de impacto ambiental externos al predio al uso de herbicidas, la eficiencia energética y la biomasa vegetal aérea total como indicador de captura de carbono.

a) Indicador: uso de herbicidas

Aunque la aplicación de un herbicida se realice con la finalidad de controlar malezas en la estación de crecimiento de un cultivo, una vez que toma contacto con el suelo, ejercerá

distinto efecto tanto sobre la maleza como el medio ambiente (Curran, 1998). El tiempo que el herbicida permanezca activo en el suelo y el efecto que pueda ejercer sobre el ambiente, dependerá de su toxicidad, persistencia o vida media, residualidad, volatilización, fotodegradación, adsorción, solubilidad en agua, lixiviación y escurrimiento superficial, degradación microbiana y química (Puricelli, 2004). Estas características son propias de cada herbicida y su interacción con factores de suelo y climáticos (Curran, 1998), lo cual dará como resultado el control más o menos adecuado de la maleza objetivo, pero además, puede haber un efecto negativo sobre cultivos posteriores o el agua subterránea, perjudicando directa o indirectamente organismos que no eran el objetivo de control (Harrison, 1998; French & Buckley, 2008).

La peligrosidad de los herbicidas, dependerá de factores asociados al propio herbicida, del ambiente y de las prácticas de manejo que se utilicen (Curran, 1998). Entre las características de los herbicidas, su toxicidad y la dosis aplicada tienen mayor impacto sobre las funciones de los agroecosistemas que la formulación y el modo de acción de los mismos (Ferraro et al., 2003). La toxicidad ha sido señalada como un indicador que permite evaluar estrategias de sustentabilidad (Doran & Zeiss, 2000). Teniendo en cuenta que este trabajo sólo considera el uso de un herbicida y que considerar a la toxicidad es una característica valiosa y simple para definir como indicador para este caso de estudio, se tuvo en cuenta esta variable como elemento para definir el indicador *uso de herbicida*. Independientemente de esto, se considera que para la evaluación comparativa de sistemas en los cuales se utilicen diferentes herbicidas, sería adecuado construir un indicador que contemple otras características que afectan el funcionamiento y efecto de los mismos.

Se consideró que aquellos sistemas que no usen herbicida o estos sean de menor toxicidad, serán más sustentables.

b) Indicador: eficiencia energética

Para que los recursos naturales no renovables sean preservados, es necesario que el ritmo de utilización de los mismos sea menor o igual al ritmo de generación de las tecnologías que los sustituyan. Mientras los ecosistemas naturales dependen únicamente de la energía solar, los agroecosistemas requieren de aporte de energía externa para mantener su productividad (Flores & Sarandón, 2005). La mayor exigencia de productividad por unidad de área de suelo, representa un mayor costo en energía fósil usada en la agricultura, lo que genera un impacto ambiental debido al uso masivo de insumos en la producción de alimentos, el cual se define como costo biofísico (Conforti & Giampietro, 1997). Las prácticas agrícolas sostenibles deben conservar la energía fósil, la que, en la actualidad, se está transformando en un recurso escaso, y priorizar el uso de energías renovables (Pimentel &

Pimentel, 2005, Martin et al., 2006). La evaluación de la eficiencia energética de los sistemas agrícolas ha sido propuesta como una metodología adecuada para validar la sustentabilidad de los mismos (Campos et al., 2004). Además, Viglizzo, et al., (2004), señalaron que el análisis de la eficiencia energética es un buen indicador de la incorporación de tecnología e intensificación de la agricultura.

Se consideró que serán más sustentables aquellas prácticas de manejo que utilicen más eficientemente la energía fósil.

c) Indicador: Biomasa vegetal

El C orgánico del suelo es un recurso clave para la determinación de su calidad y, consecuentemente, producir las numerosas funciones que el mismo tiene. Baker et al., (2007) marcan la necesidad de evaluar en el largo plazo los cambios que ocurran en la constitución de la atmósfera, e incluir en los estudios datos de una mayor profundidad del suelo que la realizada en la mayoría de los trabajos (más de 30 cm), para contar con datos de mayor confiabilidad respecto a la posibilidad de determinada práctica de secuestrar C atmosférico y mejorar la incorporación de materia orgánica en el suelo. Las prácticas de manejo que generen mayor cantidad y mejor calidad de residuos orgánicos restituidos al suelo permitirán un mayor secuestro de C de la atmósfera (Evrendilek & Wali, 2004; Snyder et al., 2009; Huth et al., 2010).

La cantidad de materia seca acumulada por un sistema tiene relación directa con la capacidad que tiene el mismo para capturar recursos. El lino es un cultivo que produce un bajo volumen de rastrojo (alrededor de 3000 kg/ha variable en función de la biomasa aérea acumulada y el rendimiento alcanzado) comparado con otros cultivos de invierno como la colza o los cereales, y menos aún que los cultivos de verano como maíz, sorgo, soja o girasol (Andrade, 1995; Golik et al., 2003; Chamorro & Tamango, 2004; Flénet et al., 2006). Aquellos sistemas con mayor producción de biomasa realizan una mayor captura de C, lo cual puede colaborar en la disminución de dióxido de carbono del aire y otros gases con efecto invernadero (Park & Cousins, 1995; de Rouw et al., 2010). Además, pueden restituir más cantidad de residuos orgánicos al suelo, lo que favorece la formación de materia orgánica y, por consiguiente, mejora las propiedades físicas y biológicas del mismo. El porcentaje de restitución de biomasa al suelo dependerá del índice de cosecha de los cultivos y de la cantidad de biomasa de los mismos, es por esto que aquellos con mayor índice de cosecha disminuirán la fracción que retorne al suelo (Janzen, 2006).

Se consideraron que serán más sustentables aquellos sistemas que acumulan más biomasa vegetal por considerarse que capturan más carbono desde la atmósfera.

2. Estandarización y ponderación de los indicadores:

Una de las dificultades más comunes en el uso de los indicadores deriva de las diferentes unidades en que se expresan las distintas variables. Para facilitar el análisis e interpretación, todos los indicadores se transformaron mediante la construcción de escalas sencillas de 0 a 3 siendo 0 menos sustentable y 3 más sustentable. Escalas que fueron elaboradas teniendo en cuenta las características de los sistemas de manejo evaluados en el presente trabajo.

Para llegar con éxito a la comparación de los sistemas, los indicadores fueron ponderados. La ponderación se transformó en un coeficiente (fp: factor de ponderación) por el cual se multiplicó el valor de las variables que componen el indicador. La ponderación se hizo por consenso, metodología usada por Gayoso e Iroumé, (1991) y Bockstaller et al., (1997). Según las características de los mismos se asignó la importancia relativa a cada parámetro considerado en los indicadores seleccionados. Esta valoración se realizó antes de afectar el indicador por su correspondiente factor de ponderación.

Si bien no existen normas generales para la ponderación, en este trabajo se tuvieron en cuenta los criterios de reversibilidad y el de dependencia (Sarandón & Flores, 2009). Con la consideración del criterio de reversibilidad, se otorgó mayor importancia al indicador cuanto más difícil era la posibilidad o dificultad de volver a la situación inicial. Cuando se ponderó en función del criterio de dependencia, se consideró más importante (mayor factor de ponderación) cuanto más dependiente era un indicador de otro, dado que las características de algunos indicadores están relacionadas directamente a la existencia o características de otro.

3. Registro de datos:

Los datos se obtuvieron a partir de los ensayos de campo llevados a cabo en durante los años 1999 (Capítulos II), 2002 y 2003 (Capítulos III), en la Estación Experimental J. Hirschhorn, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (34° S, 58° O, 15 m snm) y a partir de datos bibliográficos.

Indicadores que afectan la capacidad productiva del agroecosistema:

La **cobertura relativa del suelo** con biomasa vegetal se calculó cuando el lino se encontraba a 20 cm de altura y la maleza en estado de roseta. Se empleó una técnica fotográfica (Berti & Sattin, 1996), se utilizó una cuadrícula con 150 cuadrados con un punto

en la mitad de cada uno de ellos. Para calcular la superficie cubierta con vegetación, se consideró el número de cuadros en los cuales el punto intersectó vegetación, se realizaron dos repeticiones, es decir 300 toques por parcela y, posteriormente, se calculó la superficie relativa de suelo con cobertura vegetal.

La cobertura relativa de total del suelo (CRT) se calculó como:

$$\% \text{ CRT: } 100 \times (n_{\text{vegetación}}/300)$$

Siendo n: el número de puntos de intersección con vegetación.

Para el cálculo del **residuo remanente** o la **materia seca restituida al sistema**, se realizó la suma de la biomasa aérea vegetativa del lino, la maleza (*Brassica*) y del trébol. Los componentes en la suma dependieron de la composición de cada tratamiento.

El **balance de nitrógeno** se calculó como la diferencia entre el ingreso y egreso de nitrógeno (N). Sólo se consideraron como egresos las salidas de nutrientes del sistema como producto de cosecha (contenido en la semilla de lino cosechada) ya que esta es la principal vía de extracción de este nutriente del sistema.

El porcentaje de N en la semilla de lino se determinó por el método Micro Kjeldahl (AACC, 1983) con el material molido previamente con un molino triturador y secado estufa a 60 °C hasta peso constante. Posteriormente, se calculó el contenido de nitrógeno en la semilla afectando el peso seco (rendimiento en semilla) por el porcentaje determinado en cada tratamiento.

Se determinó el N contenido en la materia seca aérea del trébol en el momento de la cosecha del lino, para lo cual se usó la misma metodología que para el lino. Se consideró que el 80 % del mismo fue fijado simbióticamente (Scheineiter, 2001). El ingreso de N al suelo fue el 80 % de la cantidad de N acumulado en la biomasa aérea del trébol, se consideró que es repuesto a través de su incorporación luego de la cosecha del cultivo, por consiguiente el N incorporado al suelo fue el acumulado por el proceso de fijación simbiótica. Para la realización del cálculo de N incorporado al suelo, se consideró el N en planta entera, no se incluyó el N en el sistema radical, ya que no se cuenta con ese dato. Por este motivo el valor del N que se incorporó al suelo está subestimado en relación al real en aproximadamente un 30 % de acuerdo a datos promedio de ensayos realizados en Wisconsin (Stute & Posner, 1995).

El balance de N se calculó como: Ingreso de N (fijado en la biomasa por el trébol rojo, sólo en los tratamientos con trébol como acompañante) - N acumulado en los órganos de cosecha (semilla de lino).

Para medir la **diversidad vegetal** se tuvo en cuenta la cantidad y el tipo de especies

que formaban parte del sistema cultivado.

Indicadores que afectan el impacto ambiental externo a predio:

Para obtener el valor de **eficiencia energética** (EE) se calcularon las unidades de energía producidas (egresos o energía de salida: ES) y las unidades de energía que se invierte en el sistema productivo (ingresos o energía ingresada: EI). Se consideró como energía asociada a aquella cantidad de energía necesaria para la obtención de un insumo dado prorrateada por el tiempo de vida útil del mismo. Se convirtieron todas las entradas y salidas en unidades equivalentes (MJ) de acuerdo a valores obtenidos de la bibliografía (Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Energía asociada a los insumos y consumo de combustible para la preparación del suelo, siembra y cosecha de lino. Datos bibliográficos (el número entre paréntesis de cada insumo corresponde al autor citado).

Insumo	Energía asociada	Consumo/ha
Arado de rejas (1)	67,6 MJ ha ⁻¹	12,35 l
Rastra de disco (1)	44,8 MJ ha ⁻¹	6,51 l
Rastra de dientes (2)	13 MJ ha ⁻¹	2,43 l
Sembradora (1)	28,4 MJ ha ⁻¹	6,8 l
Pulverizadora (2)	15,11 MJ ha ⁻¹	1,1 l
Cosecha (2)	112,47 MJ ha ⁻¹	13,63 l
Fertilizadora	3,7 MJ ha ⁻¹	0,44 l
Combustible (2)	44 MJ l ⁻¹	
Semilla lino (2)	26 MJ kg ⁻¹	
Semilla trébol (3)	20,2 MJ kg ⁻¹	
MCPA (amina) (2)	145 MJ l ⁻¹	
Urea (4)	70,14 MJ kg ⁻¹	

(1) Hernandez et al. 1992

(2) Zetner et al. 2004

(3) Nguyen & Haynes, 1995

(4) Borin et al. 1997

La **eficiencia energética** (EE) se calculó como la relación entre la energía de salida

y la ingresada. Valores superiores a uno indican que se obtiene más cantidad de energía que la que se incorpora al sistema:

EE: energía cosechada en semilla de lino/energía ingresada al sistema

Para el cálculo de la energía ingresada al sistema, se tuvieron en cuenta tanto los gastos directos de energía, es decir aquellos aportes de energía realizados dentro del propio lote de ensayo, como la energía asociada a la fabricación de los insumos utilizados en dicho sistema (Gliessman, 2001), para lo cual se tuvieron en cuenta todas las labores e insumos necesarios desde la preparación del suelo hasta la cosecha del cultivo.

La preparación del suelo se consideró como la realizada en los ensayos con labranza convencional (un arado de rejas y vertedera, una rastra de discos y una rastra de dientes) se tuvo en cuenta el combustible y la energía asociada a las diferentes maquinarias e insumos usados. Se consideró la energía necesaria para la siembra y la cosecha (semilla, combustible y energía asociada a la sembradora y cosechadora y acarreo dentro del campo). En los tratamientos sin malezas se consideró el costo energético del herbicida y la aplicación del mismo (combustible y pulverizadora). En los tratamientos con trébol se consideró, como energía ingresada al sistema, la semilla de trébol.

Dado que una agricultura ecológicamente adecuada tiene como condición mantener los recursos naturales en el largo plazo y entre ellos los nutrientes del suelo, se recalculó la eficiencia energética teniendo en cuenta la necesidad de reponer, mediante fertilización, el N extraído del sistema. Para calcular la cantidad de fertilizante nitrogenado necesario se tuvo en cuenta la cantidad de N en el fertilizante (urea 46 %) y con un 80 % de eficiencia en el aprovechamiento del mismo por parte del cultivo. Para el cálculo de la cantidad de energía ingresada por la aplicación del fertilizante, se consideró la energía ingresada por el fertilizante de acuerdo a la cantidad requerida en cada caso y a su aplicación (combustible, fertilizadora).

Como energía salida del sistema se consideró un valor energético contenido en el grano de lino de 450 kcal/100g de semilla lo que es equivalente a 18,84 MJ kg⁻¹ (Morris, 2007) y se afectó al rendimiento en semilla de lino obtenido en cada tratamiento de los ensayos evaluados.

Para el **uso de herbicida**, en los tratamientos sin presencia de malezas, se consideró como si se hubiera aplicado el herbicida MCPA 28 % (200 gsa/ha) en post emergencia, ya que este es el herbicida y la dosis más frecuentemente usada en la zona de estudio.

Para el cálculo de la **biomasa vegetal**, se realizó la suma de la biomasa aérea total del lino, de la maleza (*Brassica*) y del trébol. Los componentes en la suma dependieron de la composición de cada tratamiento.

4. Representación grafica de los indicadores:

El objetivo de los indicadores de simplificar la realidad compleja de la sustentabilidad exige que los resultados puedan ser expresados de manera sencilla y clara. Para ello se realizó su representación gráfica en un diagrama tipo tela de araña, ameba o cometa, sistema muy usado en esta metodología (Astier & Masera, 1996, Bockstaller et al., 1997; Gomez, et al., 1996; Sarandón 1997, 1998; Abbona, et al., 2007; Sattler, et al., 2010). En el mismo se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación ideal. Esto permite detectar los puntos críticos de los distintos manejos de las malezas que comprometen la sustentabilidad y prestar especial atención, en futuros monitoreos, al manejo de tales aspectos con el fin de observar avances o retrocesos.

5. Evaluación del impacto de los métodos de manejo de malezas ensayadas sobre la dimensión ecológica de la sustentabilidad del agroecosistema:

En los resultados se presenta el análisis del papel que juegan las alternativas de manejo evaluadas en el marco de un manejo sustentable de malezas y la detección de puntos críticos a la sustentabilidad desde una dimensión ecológica.

RESULTADOS

De acuerdo al marco conceptual de agricultura sustentable adoptado para este trabajo y teniendo en cuenta las características de los sistemas evaluados, se elaboró un conjunto de indicadores con sus escalas (Tablas 4.2 y 4.3).

Al indicador **balance de nitrógeno**, se asignó el mayor valor (3) cuando el balance fue positivo o igual al N extraído por la semilla de lino cosechada, el menor valor (0) cuando el déficit de N fue entre el 70 y 100 % del N extraído. El 1 y 2 fueron distribuidos en partes iguales.

El **% de cobertura de suelo** se consideró como menor valor en la escala (0) cuando la cobertura fue menor o igual al 30 %, ya que este es el porcentaje mínimo considerado

como alternativa conservacionista e igual o mayor a 70 % el valor mayor (3) considerando este un valor importante para la conservación del suelo, los valores 1 y 2 de la escala fueron distribuidos en partes iguales.

En la escala tanto para la **cantidad de residuo remanente** como para la **materia seca (MS) restituida al suelo** se consideró como valor mayor de la escala (3) los kg ha⁻¹ promedio aportado por un cultivo de lino de alta producción y el menor valor (0) el peso de uno de baja producción, para lo cual se tuvo en cuenta el residuo aportado de acuerdo a datos bibliográficos (Sánchez Vallduví et al., 2003; Sánchez Vallduví et al., 2006, Milisich & Gallardo, 2008). Los valores 1 y 2 fueron intermedios entre el mayor y el menor considerado.

El **porcentaje de residuo remanente** se valoró como máximo 3 cuando el porcentaje fue mayor o igual que 70 %, considerado este como el máximo posible de un cultivo puro con un índice de cosecha de 30 %. El menor valor de la escala (0) se consideró un 30 % y el 1 y 2 valores intermedios.

El mayor valor (3) de **diversidad vegetal** se consideró cuando el sistema estuvo compuesto por tres especies y el menor (0) por una sola especie. Se asignó mayor valor cuando al menos uno de los componentes era Leguminosa. Se dio el valor de 2 cuando estuvo compuesta por dos especies y una de ellas era Leguminosa y el valor de 1 cuando estuvo compuesto por dos especies pero ninguna Leguminosa.

Para establecer la escala del indicador **uso de herbicidas** se tuvo en cuenta la toxicidad del mismo teniendo en cuenta la clasificación toxicológica de los productos fitosanitarios (CASAFE, 2007). Se consideró el mayor valor de sustentabilidad (3) cuando no se usó ningún herbicida y el menor valor (0) con el máximo de toxicidad. El valor 1 se asignó a más toxicidad que a 2.

El máximo valor (3) de **eficiencia energética** se consideró cuando esta fue mayor o igual a 5, teniendo en cuenta valores de la bibliografía semejantes en trigo por ser este un cultivo invernal como el lino. El menor valor se consideró cuando esta fue igual o menor a 1, ya que esto significa que se incorpora más energía de la que sale del sistema. El 1 y 2 fueron valores intermedios.

Para establecer la escala de la **biomasa vegetal** se usó el mismo criterio que para el residuo remanente, pero teniendo en cuenta la materia seca total generada por el cultivo de lino.

Tabla 4.2: Escala de indicadores utilizados para la evaluación de la capacidad productiva del agroecosistema de diferentes sistemas de manejo de malezas en lino. La Plata. Argentina.

Dimensión de análisis	Recursos	Propiedades	Indicador	Escala de estandarización
CAPACIDAD		Propiedades químicas	Balance de N	3: Positivo o igual al balance de N 2: déficit ≤ al 34 % del N extraído 1: déficit entre 35-69 % del N extraído 0: Déficit de 70-100 % del N extraído
		Propiedades físicas	% de cobertura de suelo	3: ≥ al 70 % 2: entre 51-69 % 1: entre 31-50 % 0: ≤ al 30 %
			Cantidad de residuo remanente	3: ≥ a 6000 kg ha ⁻¹ 2: entre 4000-5999 kg ha ⁻¹ 1: entre 2001-3999 kg ha ⁻¹ 0: ≤ 2000 kg ha ⁻¹
			% de residuo remanente	3: ≥ al 70 % 2: entre 51-69 % 1: entre 31-50 % 0: ≤ al 30 %
PRODUCTIVA	SUELO		Diversidad vegetal	3: sistema compuesto por tres especies 2: sistema compuesto por dos especies, una de ellas Leguminosa 1: sistema compuesto dos especies, ninguna Leguminosa 0: sistema

DEL		Propiedades biológicas	Uso de herbicida	compuesto por una especie 3: sin uso de herbicida 2: toxicidad del producto clase IV 1: toxicidad del producto clase II o III 0: toxicidad del producto clase Ia o Ib
			Cantidad de materia seca restituida al sistema	3: \geq a 6000 kg ha ⁻¹ 2: entre 4000-5999 kg ha ⁻¹ 1: entre 2001-3999 kg ha ⁻¹ 0: \leq 2000 kg ha ⁻¹
AGROECOSISTEMA	BIODIVERSIDAD		Diversidad vegetal	3: sistema compuesto por tres especies 2: sistema compuesto por dos especies, una de ellas Leguminosa 1: sistema compuesto dos especies, ninguna Leguminosa 0: sistema compuesto por una especie

Tabla 4.3: Escala de indicadores utilizados para la evaluación del impacto ambiental externo de diferentes sistemas de manejo de malezas en lino. La Plata. Argentina.

Dimensión de análisis	Indicador	Escala de estandarización
IMPACTO	Uso de herbicidas	3: sin uso de herbicida 2: toxicidad del producto clase IV 1: toxicidad del producto clase II o III 0: toxicidad del producto clase Ia o Ib
	Eficiencia energética	3: Eficiencia energética ≥ 5 2: Eficiencia energética entre 3-4,9 1: Eficiencia energética entre 1,1-2,9 0: Eficiencia energética ≤ 1
EXTERNO	Biomasa vegetal	3: $\geq a 10000 \text{ kg ha}^{-1}$ 2: entre 6500-9999 kg ha^{-1} 1: entre 3001-6499 kg ha^{-1} 0: $\leq 3000 \text{ kg ha}^{-1}$

Teniendo en cuenta los criterios de reversibilidad y de dependencia, se realizó la ponderación de los indicadores de acuerdo a la importancia relativa de cada uno de ellos.

En primer lugar se ponderaron las dos dimensiones que se evaluaron para construir el **índice de sustentabilidad (IS)** desde una dimensión ecológica. Se consideró que un productor valora más la capacidad productiva de su sistema de producción, que del impacto que las prácticas tengan sobre el medio ambiente. Por esto, se dio un mayor factor de ponderación a la **capacidad productiva del agroecosistema (CPAS)** que al **impacto ambiental externo (IAE)** y el IS se calculó como:

$$\text{IS: } fp2 \cdot \text{CPAS} + fp1 \cdot \text{IAE} / 3$$

Luego se realizó la ponderación de los recursos que afectan a la **capacidad productiva del agroecosistema**.

Teniendo en cuenta que nuestro conocimiento acerca del rol de la biodiversidad es aún incierto y, además, porque la pérdida o deterioro de la biodiversidad generalmente es

muy difícil de revertirse, se ponderó con un mayor factor a la **biodiversidad funcional (B)** que al recurso **suelo (S)**. Resulta muy difícil rearmar el ensamblaje entre las diferentes especies, ya que no solamente se pierde la cantidad sino también la proporción y sus relaciones, mientras que las propiedades del suelo podrían restituirse. Por lo que la CPAS se calculó como:

$$\text{CPAS: } fp2*B + fp1*S/3$$

Dentro de los indicadores del recurso **suelo (S)**, teniendo en cuenta el criterio de reposición se ponderó más a las propiedades **biológicas (PB)** que a las **propiedades físicas (PF)** y estas más que las **propiedades químicas (PQ)** (criterio de irreversibilidad del deterioro). Esta ponderación se realizó teniendo en cuenta que es más fácil reponer la fertilidad química del suelo que las propiedades físicas, y es muy difícil reconstruir la vida del suelo. Por lo tanto el **S** se calculó como:

$$\text{S: } fp3*PB + fp2*PF + fp1*PQ/6$$

Dentro de los indicadores de suelo, se otorgó igual peso a todos los indicadores de las propiedades bióticas (PB), es decir **al uso de herbicidas (UH)** igual factor de ponderación que a la **materia seca restituida al suelo (MS)** y este igual que **diversidad (D)**. Esta igualdad se realizó teniendo en cuenta que no está claro el efecto que tienen los herbicidas sobre la vida del suelo, cómo ésta es afectada por la materia seca aportada al suelo y la escasa diversidad existente en el ensayo. Por lo tanto, las **PB** se calcularon como:

$$\text{PB: } fp1*UH + fp1*MS + fp1*D/3$$

Al no contar con elementos de juicio para otorgar distinta ponderación a los indicadores evaluados dentro de las **propiedades físicas del suelo (PF)** se le dio igual peso de los indicadores: **residuo remanente (RR)**, **igual que cobertura de suelo (% cob.)** y **esta igual que % de residuos (%RR)**. Las **PF** se calcularon como:

$$\text{PF: } fp1*RR + fp1*%cob. + fp1*%RR/3$$

Debido a que en el ensayo del año 1999 no se determinó el porcentaje de cobertura del suelo, las propiedades físicas se ponderaron como:

$$PF: fp1*RR + fp1* \%RR/2$$

Dentro de los indicadores de impacto ambiental externo (**IAE**), teniendo en cuenta que el efecto del **uso de herbicidas (UH)** es inmediato y de efecto local, se le dio mayor ponderación que a los otros indicadores. En segundo lugar se ponderó a la **eficiencia energética (EE)** y, en tercer lugar, se valoró a la **biomasa vegetal (BAT)** ya que este indicador es de importancia más global. Por lo tanto, el **IAE** se calculó como:

$$IAE: fp3*UH + fp2*EE + fp1*BAT/6$$

Resultados 1999:

La materia seca promedio restituida al sistema, fue un 23 % mayor cuando el lino se sembró a densidad alta que a densidad normal con un promedio de 4447 y 3628 kg ha⁻¹ respectivamente. Con la presencia de malezas (sin aplicación de herbicida) el residuo remanente fue de 4381 kg ha⁻¹ y de 3694 en el cultivo con control de las malezas (con herbicida). El promedio de la siembra en surcos fue de 4120 kg ha⁻¹ y al voleo de 3955 y, el balance de nitrógeno fue negativo en todos los tratamientos ensayados (Tabla 4.4).

Tabla 4.4: Residuo de cosecha (residuo), biomasa aérea total (BAT), porcentaje de biomasa restituida al suelo (% residuo) y balance de N para un cultivo de lino sembrado en línea o al voleo y/o con la presencia (sin herbicida) o la ausencia de maleza (con herbicida). La Plata 1999.

Tratamiento	Residuo kg ha ⁻¹	(% residuo)	BAT kg ha ⁻¹	Balance N kg ha ⁻¹
Densidad normal, en surcos, con herbicida	3479	72	4837	- 38
Densidad normal, al voleo, con herbicida	3060	72	4268	- 30
Densidad normal, en surcos sin herbicida	3738	80	4678	- 29
Densidad normal, al voleo sin herbicida	4236	81	5246	- 30
Densidad alta, en surcos, con herbicida	4096	76	5450	- 42
Densidad alta al voleo, con herbicida	4142	74	5579	- 45
Densidad alta, en surcos, sin herbicida	5168	81	6419	- 39
Densidad alta, al voleo, sin herbicida	4380	80	5505	- 36

La eficiencia energética fue semejante entre los tratamientos. Se observó una disminución del 62 % cuando se calculó teniendo en cuenta el fertilizante necesario para reponer el N extraído por el lino (Tablas 4.5 y 4.6).

Tabla 4.5: Eficiencia energética (sin considerar la reposición de N) para un cultivo de lino sembrado a densidad normal o alta, en presencia (sin herbicida) o ausencia de maleza (con herbicida) y sembrado en surcos o al voleo. La Plata 1999.

	Densidad normal				Densidad alta			
	Con Herbicida		Sin Herbicida		Con Herbicida		Sin Herbicida	
	Surco	Voleo	Surco	Voleo	Surco	Voleo	Surco	Voleo
Total Maquinarias	285	285	270	270	285	285	270	270
Gas oil	1885	1885	1836	1836	1885	1885	1836	1836
Semilla lino	1227	1227	1227	1227	2454	2454	2454	2454
Herbicida	218	218			218	218		
Ingresos (energía suministrada) MJ ha⁻¹	3611	3611	3330	3330	4838	4838	4557	4557
Egresos (energía producida) MJ ha⁻¹	25585	22759	17710	19028	25189	27073	23569	21195
Eficiencia energética (egresos/ingresos)	7,08	6,30	5,32	5,71	5,21	5,60	5,17	4,65

Tabla 4.6: Eficiencia energética teniendo en cuenta la reposición de N para un cultivo de lino sembrado a densidad normal o alta, en presencia (sin herbicida) o ausencia de maleza (con herbicida) y sembrado en surcos o al voleo. La Plata 1999.

	Densi- Normal				Densi- Alta			
	dad		Normal		dad		Alta	
	Con	Herbi-	Sin	Herbi-	Con	Herbi-	Sin	Herbi-
	Herbi-	cida	cida	Herbi-	Herbi-	cida	cida	Herbi-
	Surco	Voleo	Surco	Voleo	Surco	Voleo	Surco	Voleo
Total Maquinarias	285	285	270	270	285	285	270	270
Gas oil	1904	1904	1855	1855	1904	1904	1855	1855
Semilla lino	1227	1227	1227	1227	2454	2454	270	270
Herbicida	218	218			218	218		
Urea	6951	5489	5307	5489	7687	8234	7133	6586
Ingresos (energía suministrada) MJ ha ⁻¹	10585	9123	8655	8842	12548	13095	11719	11166
Egresos (energía producida) MJ ha ⁻¹	25585	22759	17710	19028	25189	27073	23569	21195
Eficiencia energética (egresos/ingresos)	2,42	2,49	2,05	2,15	2,01	2,07	2,01	1,90

En relación a la energía suministrada a los sistemas evaluados sólo un 2-3 % correspondió a los ingresos indirectos y un 97-98 % a los directos. Dentro de los ingresos directos y, teniendo en cuenta la reposición de N al sistema, el mayor porcentaje se debió al fertilizante (más de 60 %) y en segundo lugar el gas oil (más de 15 %). Si no se considera el agregado de fertilizante, el gas oil fue el principal ingreso de energía.

Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad:

Si bien el rendimiento de los sistemas con herbicida (1340 kg/ha) fue aproximadamente un 20 % mayor que en los tratamientos donde no se aplicó (1080 kg/ha), se encontró una menor sustentabilidad ecológica en aquellos sistemas con uso herbicida. Esto se asoció con un deterioro en la capacidad productiva del agroecosistema y un mayor impacto ambiental externo (Tabla 4.7).

Tabla 4.7: Indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino sembrado a densidad normal o alta, con la presencia (sin herbicida) o la ausencia de maleza (con herbicida) y la siembra en surco o al voleo. La Plata 1999. Escala de estandarización de 0 a 3 (ver tablas 4.2 y 4.3).

INDICADO-RES	Densi- Normal				Densi- Alta			
	densi- da		Sin Herbici da		densi- da		Sin Herbici da	
	Con Surco	Herbici da Voleo	Surco	Voleo	Con Surco	Herbici da Voleo	Surco	Voleo
CPAS¹	0,32	0,32	1,16	1,27	0,44	0,44	1,27	1,27
Suelo	0,99	0,99	1,49	1,83	1,33	1,33	1,83	1,83
Propiedades bióticas	0,66	0,66	1,66	2	1	1	2	2
<i>Diversidad vegetal</i>	0	0	1	1	0	0	1	1
<i>Uso de herbicidas</i>	1	1	3	3	1	1	3	3
<i>MS restituida al sistema</i>	1	1	1	2	2	2	2	2
Propiedades físicas	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
<i>Residuo remanente</i>	1	1	1	2	2	2	2	2
<i>% residuo remanente</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
Propiedades químicas	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Balace de N</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Biodiversidad	0	0	1	1	0	0	1	1
<i>Diversidad vegetal</i>	0	0	1	1	0	0	1	1
IAE²	1	1	2	2	1	1	2	2
<i>Uso de herbicidas</i>	1	1	3	3	1	1	3	3
<i>EE⁴ con reposición de N</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Biomasa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
IS³	0,54	0,54	1,44	1,51	0,62	0,62	1,51	1,51

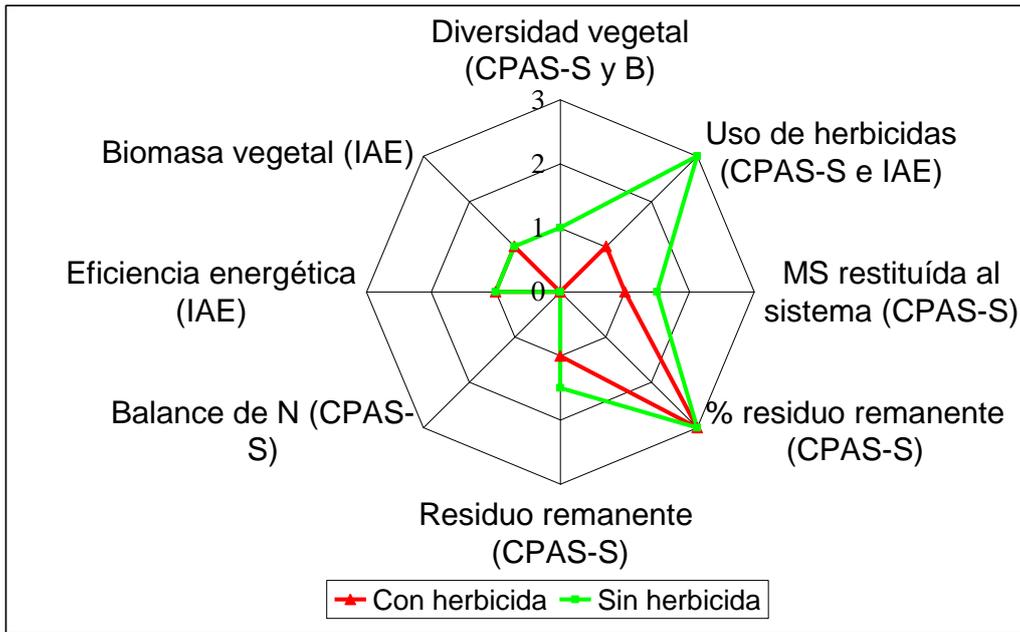
1: Indicadores de capacidad productiva del agroecosistema. 2: Indicadores de impacto ambiental externo.

3: Índice de sustentabilidad. 4: Eficiencia energética

Los sistemas sin uso de herbicidas registraron un mayor aporte a la dimensión ecológica de los sistemas, independientemente de la densidad de siembra del lino.

Los sistemas de siembra a densidad normal y sin uso de herbicida, resultaron menos tóxicos, aportaron más residuos o materia seca al suelo y tuvieron mayor diversidad vegetal que aquellos en los cuales se consideró la utilización de herbicida (Figura 4.1 a). Cuando la densidad del lino fue alta, solamente se observó menor toxicidad y mayor diversidad vegetal en los sistemas sin aplicación de herbicida que con él (Figura 4.1 b).

a) Densidad normal



b) Densidad alta

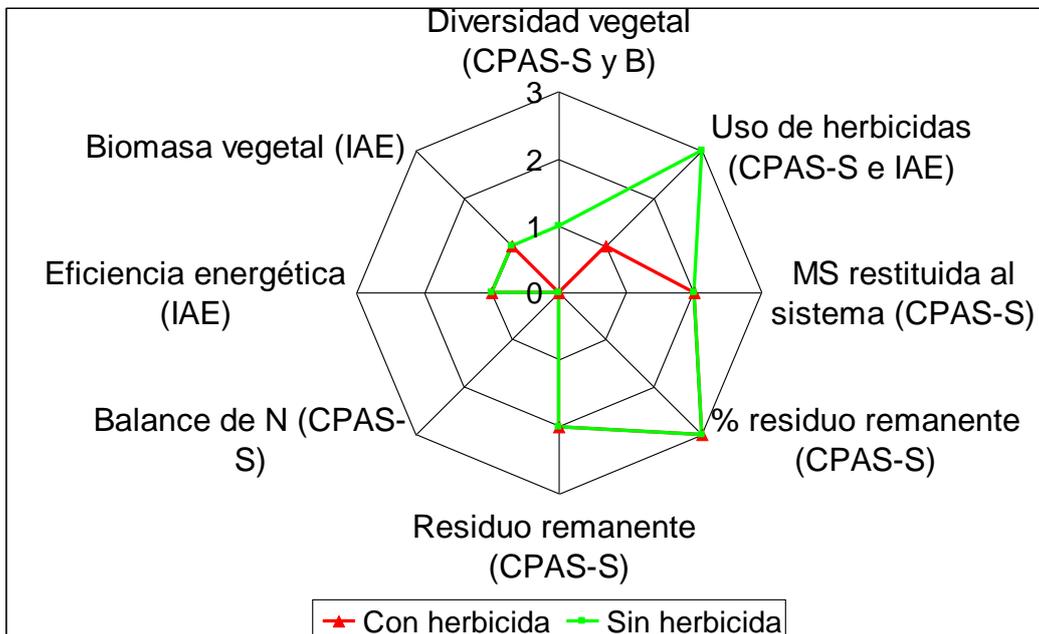


Figura 4.1: Representación gráfica de indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino con control de malezas con herbicida o sin herbicida a) densidad normal y b) densidad alta (datos promedio de la siembra en surcos y al voleo). La Plata. 1999.

Referencias: CPAS: capacidad productiva del agroecosistema, S: recurso suelo, B: recurso biodiversidad, IAE: impacto ambiental externo.

Resultados ensayos 2002-2003:

El balance de N luego de la cosecha del lino y de la incorporación al suelo del trébol resultó más alto en los tratamientos con trébol que en aquellos sin él. El balance de N sólo fue positivo en los sistemas en los cuales se sembró el lino con el trébol y no se consideró el control de malezas con herbicida. En los tratamientos con trébol y control con herbicida, si bien el balance de N fue negativo, este fue un 60 % mayor al de los sistemas sin trébol. (Tabla 4.8).

Tabla 4.8: Balance de nitrógeno para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Tratamiento	Ingreso de N kg ha ⁻²	Egreso de N kg ha ⁻²	Balance N kg ha ⁻²
Densidad normal con herbicida		50	-50
Densidad alta con herbicida		50	-50
Densidad normal sin herbicida		37	-37
Densidad alta sin herbicida		43	-43
Densidad normal con trébol y con herbicida	38,4	49	-10,6
Densidad alta con trébol y con herbicida	34,4	54	-19,6
Densidad normal con trébol y sin herbicida	48	37	11
Densidad alta con trébol y sin herbicida	42,4	41	1,4

La materia seca promedio restituida al sistema o residuo remanente, fue un 41 % mayor cuando el lino se sembró junto con trébol rojo que sin él. El valor promedio del residuo remanente cuando no se usó herbicida fue de 4252 kg ha⁻¹ y de 5803 cuando se aplicó herbicida. Y el promedio de materia seca en siembra a densidad normal fue 3955 kg ha⁻¹ y de 5164 a densidad alta.

Los sistemas con uso de herbicida tuvieron menor cobertura del suelo que aquellos sin herbicida, con el menor valor registrado en la monocultura de lino a densidad normal.

Cuando el lino se intersembró con el trébol, la biomasa aérea total acumulada por el sistema (promedio de las dos densidades y la aplicación o no de herbicida) fue un 23 %

mayor que en la monocultura de lino, porcentaje semejante al que se registró para el residuo remanente restituído al suelo luego de la cosecha (Tabla 4.9).

Tabla 4.9: Cobertura relativa del suelo (CRT), residuo de cosecha (residuo), biomasa aérea total (BAT) y porcentaje de biomasa restituída al suelo (% residuo) para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Tratamiento	CRT %	Residuo kg ha ⁻¹	(% residuo)	BAT kg ha ⁻¹
Densidad normal con herbicida	37	3239	68	4784
Densidad alta con herbicida	44	3543	69	5154
Densidad normal sin herbicida	59	4892	81	6030
Densidad alta sin herbicida	59	5009	79	6354
Densidad normal con trébol y con herbicida	41	5062	76	6651
Densidad alta con trébol y con herbicida	48	5163	75	6846
Densidad normal con trébol y sin herbicida	58	6370	85	7492
Densidad alta con trébol y sin herbicida	60	6941	85	8202

En todos los tratamientos, la eficiencia energética fue superior a uno. La eficiencia energética, sin tener en cuenta la reposición de N al suelo fue semejante entre los tratamientos evaluados (Tabla 4.10).

Tabla 4.10: Eficiencia energética sin considerar la reposición de N para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

	Sin trébol				Con trébol			
	Con Herbicida		Sin Herbicida		Con Herbicida		Sin Herbicida	
	Normal	Alta	Normal	Alta	Normal	Alta	Normal	Alta
Total Maquinarias	281	281	266	266	281	281	266	266
gas oil	1885	1885	1836	1836	1885	1885	1836	1836
Semilla lino	1227	2454	1227	2454	1227	2454	1227	2454
Semilla trébol					101	101	101	101
Herbicida	218	218			218	218		
Ingresos (energía suministrada) MJ ha⁻¹	3611	4838	3063	4291	3663	4890	3164	4392
Egresos (energía producida) MJ ha⁻¹	29108	30351	21440	25340	29937	31708	21138	23757
Eficiencia energética (egresos/ingresos)	8,06	6,27	6,99	5,91	8,17	6,48	6,68	8,06

Cuando se tuvo en cuenta el ingreso de energía al sistema por el fertilizante nitrogenado necesario para mantener el nivel de este en el suelo, la eficiencia energética bajó cerca de un 70 % en los tratamientos que no tuvieron trébol y poco más de 30 % en los que sí lo tuvieron (Tabla 4.11).

Tabla 4.11: Eficiencia energética teniendo en cuenta la reposición de N para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, a densidad normal o alta y con o sin la aplicación de herbicida. La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

	Sin trébol				Con trébol			
	Con	Herbi- cida	Sin	Herbi- cida	Con	Herbi- cida	Sin	Herbi- cida
	Normal	Alta	Normal	Alta	Normal	Alta	Normal	Alta
Total Maquinarias	285	285	270	270	285	285	267	267
gas oil	1904	1904	1855	1855	1855	1855	1836	1836
Semilla lino	1227	2454	1227	2454	1227	2454	1227	2454
Semilla trébol					101	101	101	101
Herbicida	218	218			218	218		
Urea	9146	9146	6769	7870	1943	3584		
Ingresos (energía suministrada) MJ ha⁻¹	12775	14008	10121	12450	5624	8498	3431	4658
Egresos (energía producida) MJ ha⁻¹	29108	30351	21440	25340	29937	31708	21138	23757
Eficiencia energética (egresos/ingresos)	2,28	2,17	2,12	2,04	5,32	3,73	6,16	5,1

Los mayores valores de eficiencia energética se registraron en los sistemas con trébol y a densidad normal. En los sistemas con trébol rojo y control de malezas con herbicida se registró una mayor eficiencia energética cuando se realizó la siembra a densidad normal respecto a la densidad alta.

En los sistemas sin trébol sólo un 2 % de la energía ingresada correspondió a los ingresos indirectos y un 98 % a los directos. Dentro de los ingresos directos y teniendo en cuenta la reposición de N al sistema, más de 65 % se debió al fertilizante y, en segundo lugar el gas oil (más de 15 %), con un comportamiento semejante con la presencia o no de malezas y a ambas densidades de siembra. En términos energéticos el herbicida significó

sólo un 1 % del total de energía suministrada en los sistemas con control de malezas. (Figura 4.2).

a) Con herbicida

b) Sin herbicida

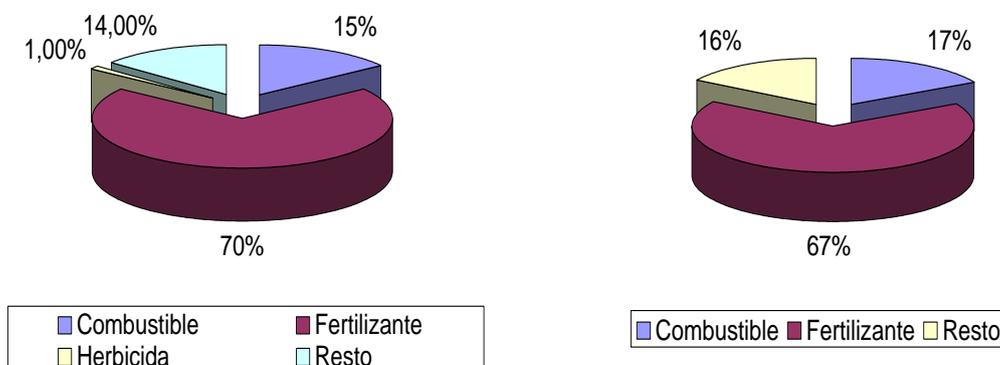
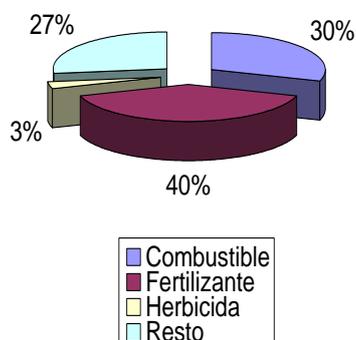


Figura 4.2: Composición de los aportes de energía fósil en relación al total de los ingresos directos incorporados al sistema en un monocultivo de lino con (a) y sin (b) control de malezas con herbicida (promedio de dos densidades de siembra). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

En los sistemas con trébol los aportes de energía directa participaron en promedio con un 5 %. Dentro de los ingresos directos de energía en los sistemas sin uso de herbicida no hubo participación de fertilizante por lo que la mayor proporción de estos correspondió a la energía incorporada por el combustible (alrededor del 50 %) y en los que se usó herbicida alrededor de un 40 % de la energía directa incorporada al sistema correspondió al fertilizante y cerca de un 30 % al combustible (Figura 4.3).

Si no se considera el agregado de fertilizante, el gas oil fue el principal ingreso de energía. En términos energéticos, el herbicida significó un 3 % del total de energía suministrada en los sistemas con control de malezas.

a) Con herbicida



b) Sin herbicida

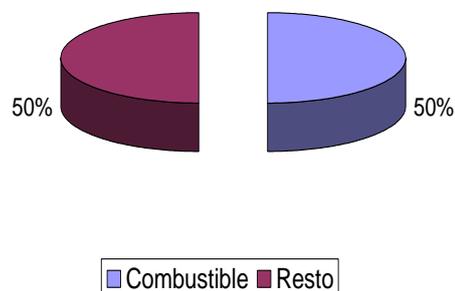


Figura 4.3: Composición de los aportes de energía fósil en relación al total de los ingresos directos incorporados al sistema en un cultivo de lino intersembrado con trébol rojo con (a) y sin (b) control de malezas con herbicida (promedio de dos densidades de siembra). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad:

A través del análisis de los indicadores se encontró una mayor sustentabilidad en los sistemas con trébol rojo que sin él, sistemas en los cuales no varió el rendimiento medio del lino en relación a aquellos en los cuales no se sembró trébol.

Si bien el rendimiento de los sistemas con herbicida (1600 kg ha⁻¹) fue aproximadamente un 25 % mayor que sin la aplicación del mismo (1200 kg ha⁻¹), se encontró un menor aporte a la dimensión ecológica de sustentabilidad en aquellos sistemas con uso de herbicida, independientemente de la presencia o no del trébol rojo. Este comportamiento se asoció con un mayor deterioro de la capacidad productiva del agroecosistema (tanto del recurso suelo como de la biodiversidad del agroecosistema cultivado) y sobre el ambiente externo al mismo (Tabla 4.12).

Tabla 4.12: Indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino sembrado con la presencia o no de trébol rojo, con y sin herbicida y dos densidades de siembra (normal o alta). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003. Escala de estandarización de 0 a 3 (ver tablas 4.2 y 4.3).

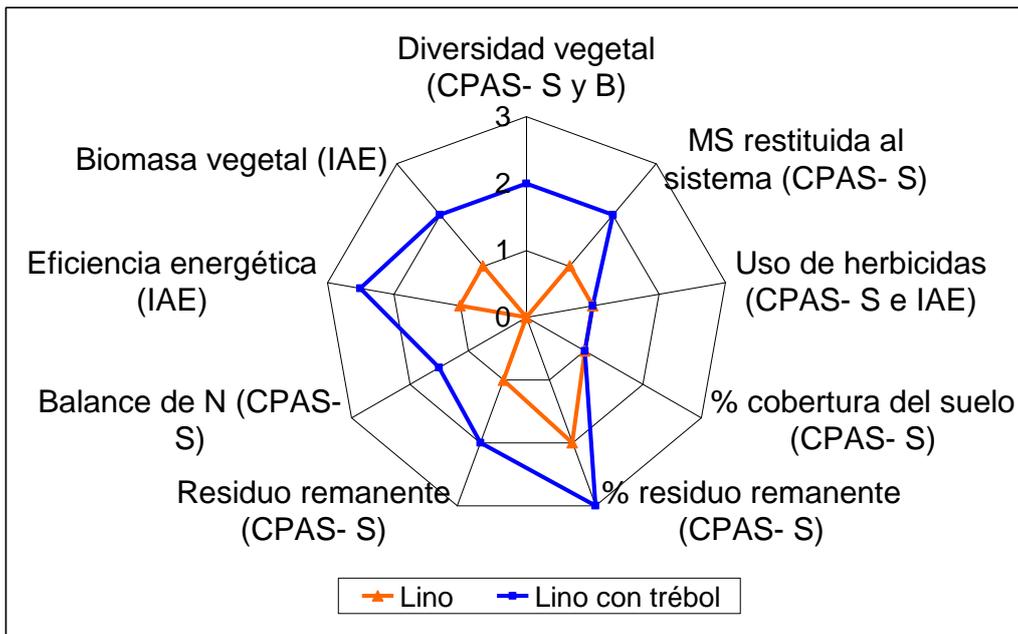
INDICADORES	Sin trébol				Con trébol			
	Con		Herbi- cida		Con		Herbi- cida	
	Normal	Alta	Normal	Alta	Normal	Alta	Normal	Alta
CPAS¹	0,25	0,25	1,25	1,25	1,94	1,88	2,96	2,96
SUELO	0,77	0,77	1,77	1,77	1,83	1,66	2,88	2,88
Propiedades bióticas	0,66	0,66	2	2	1,66	1,66	3	3
<i>Diversidad vegetal</i>	0	0	1	1	2	2	3	3
<i>Uso de herbicidas</i>	1	1	3	3	1	1	3	3
<i>MS restituida al sistema</i>	1	1	2	2	2	2	3	3
Propiedades físicas	1,33	1,33	2,33	2,33	2	2	2,66	2,66
<i>% de cobertura del suelo</i>	1	1	2	2	1	1	2	2
<i>Residuo remanente</i>	1	1	2	2	2	2	3	3
<i>% residuo remanente</i>	2	2	3	3	3	3	3	3
Propiedades químicas	0	0	0	0	2	1	3	3
<i>Balance de N</i>	0	0	0	0	2	1	3	3
BIODIVERSIDAD	0	0	1	1	2	2	3	3
<i>Diversidad vegetal</i>	0	0	1	1	2	2	3	3
IAE²	1	1	2	2	1,83	1,5	2,83	2,83
<i>Uso de herbicidas</i>	1	1	3	3	1	1	3	3
<i>EE⁴ con reposición de N</i>	1	1	1	1	3	2	3	3
<i>Biomasa</i>	1	1	1	1	2	2	2	2
IS²	0,5	0,5	1,5	1,5	1,9	1,75	2,91	2,91

1: Indicadores de capacidad productiva del agroecosistema. 2: Indicadores de impacto ambiental externo.

3: Índice de sustentabilidad. 4. EE: Eficiencia energética.

El agregado de trébol rojo, junto con la siembra del lino en el sistema convencional de manejo de malezas con herbicida, mostró una mejor preservación del suelo, la biodiversidad, hizo un uso más eficiente de la energía y acumuló más biomasa vegetal (Figura 4.4a). Comportamiento que se registró con la sola incorporación del trébol junto con el lino en los sistemas sin control de malezas con herbicida (Figura 4.4b).

a) Con herbicida



b) Sin herbicida

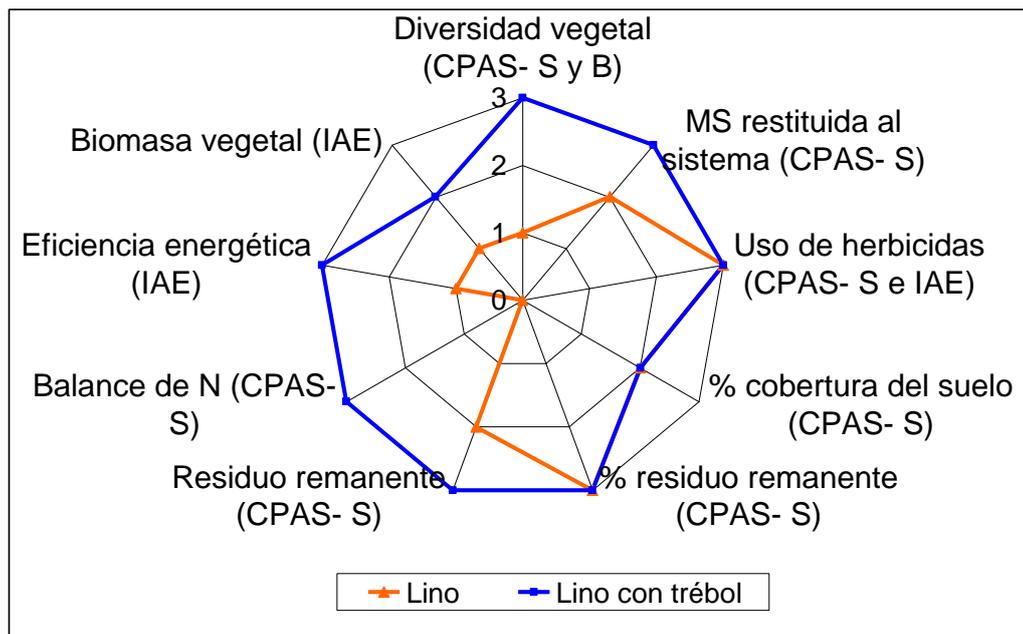


Figura 4.4: Representación gráfica de indicadores ecológicos de sustentabilidad para un cultivo de lino sembrado en monocultura o en intercultivo con trébol rojo a) con control de malezas con herbicida, b) sin control de malezas con herbicida (promedio de dos densidades de siembra). La Plata. Datos promedio de 2002 y 2003.

Referencias: CPAS: capacidad productiva del agroecosistema, S: recurso suelo, B: recurso biodiversidad, IAE: impacto ambiental externo.

DISCUSION

La competencia con las malezas es uno de los factores condicionantes de la producción del cultivo de lino. Analizar la problemática de las malezas con un enfoque ecosistémico (Buhler, 2006) da sustento al diseño y manejo de sistemas productivos más sustentables que favorezcan la preservación del ambiente y los recursos naturales (Ikerd, 1990) y permitan satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras (WCED, 1987). Por este motivo, las prácticas de manejo deben permitir la conservación de los recursos productivos y minimizar el impacto ambiental externo (Parris, 1999; Xu & Mage, 2001; Altieri, 2002).

Atendiendo a la complejidad de los agroecosistemas, la definición de los límites entre sistemas sustentables y no sustentables no son claros y consecuentemente difíciles de establecer (Ferraro, et al, 2003). Por esto, la evaluación de la sustentabilidad es dificultosa pero necesaria para realizar un análisis en forma integral (Odum, 1984; Flores & Sarandón, 2003). El conjunto de indicadores seleccionados permitió identificar en el cultivo de lino el efecto de las prácticas de manejo de malezas complementarias al uso de herbicidas sobre los recursos internos y externos al agroecosistema (Torquebiau, 1992; de Camino & Muller, 1993; Parris, 1999; Lefroy et al., 2000; Nambiar et al. 2001; Sarandón, 2002b, Viglizzo et al. 2003; Viglizzo et al. 2006; Gough, et al. 2008). También permitió reconocer los efectos sobre la capacidad productiva de los agroecosistemas en el largo plazo, si se continúa con el manejo de malezas en forma exclusiva con herbicidas. Esto indica que la selección de los indicadores fue adecuada a los sistemas en estudio, un requisito señalado por Yli-Viikari, et al., (2007) para considerar a los mismos como una herramienta apropiada para la evaluación de la sustentabilidad del sistema. No obstante, es oportuno señalar que los indicadores empleados no son los únicos posibles de evaluar, por lo que se podrían emplear otros tal como los usados por Ferraro et al, 2003; pero en este trabajo se priorizó la selección de los más sencillos y que dieran un panorama general del efecto del manejo usado sobre el agroecosistema.

Efecto sobre la capacidad productiva del agroecosistema

Del análisis, se desprende que los sistemas sin uso de herbicida, favorecen más el mantenimiento de los recursos suelo y la biodiversidad del agroecosistema cultivado que aquellos en los cuales sí se usa herbicida. Estos recursos deben ser conservados para que una agricultura sea considerada sustentable (Harte, 1995) ya que los mismos son aprovechados por el hombre para obtener bienes y servicios.

La utilización de herbicidas puede generar cambios en las cadenas tróficas y en las comunidades naturales y, consecuentemente, afectar los procesos naturales que ocurran en el suelo (Lupwayi et al., 2007) y generar un desbalance entre ciertos grupos de poblaciones (Hill, 1977). Se espera que en los sistemas que no utilizan herbicida se conserven más las propiedades físicas y bióticas del suelo. Esto se relaciona con la mayor cobertura del suelo, mayor cantidad de residuos incorporados al suelo luego de la cosecha del lino, mayor diversidad vegetal y menor uso de herbicidas. Este resultado sugiere que si se continúa el control de las malezas solamente a través del uso de herbicidas, habrá un efecto negativo sobre la biodiversidad de los ecosistemas (UNEP, 1999) y se pondrá en peligro la conservación de las propiedades del suelo y, consecuentemente, afectará los servicios que el mismo pueda brindar (Sarandón, 2000; Gontier et al., 2006).

La mayor acumulación de materia seca del sistema de lino sembrado al voleo con la densidad normal y sin uso de herbicida, sugiere una mayor utilización de recursos, posiblemente relacionado con una mejor distribución de los mismos, respecto a la siembra en surcos. A su vez, la mayor cantidad de residuo restituído al suelo en dichos sistemas, puede favorecer la conservación en las propiedades bióticas y físicas del suelo (Ghosh, et al. 2009) en relación a la siembra en surco.

Debido a que la siembra del lino en surcos a alta densidad generó sistemas con más cantidad de materia seca incorporada luego de la cosecha que a densidad normal, es esperable que en esos sistemas se registre un aumento de la cantidad de materia orgánica del suelo. Consecuentemente, se mejoraría la estabilidad y agregación del suelo (Lafroy & Craswell, 1997) resultando sistemas que realizan un mayor aporte a la sustentabilidad de las propiedades físicas y biológicas del mismo (Dick, 1992; Penfold et al. 1995; Ghosh, et al. 2009).

Por otra parte, aquellos sistemas en los cuales se incorporó el trébol rojo tendieron a una mayor conservación de los recursos suelo y biodiversidad que en el monocultivo de lino.

Si bien la diversidad vegetal de los sistemas en intercultivo evaluados fue poca, esta fue mayor al monocultivo de lino, forma convencional de cultivo como extensivo. Por este motivo, el agregado del trébol junto con la siembra del lino puede favorecer un aumento en la diversidad funcional (Facknath & Lalljee, 1999; Doran & Zeiss, 2000), aún en los casos en que se utilice herbicida para controlar malezas.

Se espera que los sistemas con trébol mejoren aspectos relacionados con la calidad del suelo al mejorar su agregación, su estructura y disminuyan el riesgo de erosión del suelo (McCarthy, et al. 1993; Donahue & Auburn, 1996; USDA, 1996; Arnold, et al. 1997; Dickey, et al. 1997; Lefroy & Craswell, 1997; Palm & Swift, 2000; Gregorich, et al. 2001). Este efecto sería previsible relacionado con la mayor cobertura y mayor cantidad y porcentaje de residuo restituído al suelo luego de la cosecha. Consecuentemente, habría una mayor

cantidad de materia orgánica en el suelo (fuente de alimentación de los organismos que lo habitan, Abril, 2002) y una mayor actividad microbiana (Dick, 1992; Mariani *et al.*, 2006). Esta mejor actividad biológica del suelo, también estaría relacionada con el hecho que el residuo de especies perennes (Ghosh *et al.*, 2009) y en especial las Leguminosas (fijadoras de N atmosférico), es de mejor calidad (Reisei, 2006) que las anuales o latifoliadas, destacándose entre ellas el trébol rojo (Dick, 1992; Hector *et al.*, 1999).

Por este motivo, la incorporación del trébol como intercultivo de lino mejoraría las propiedades físicas y biológicas del suelo (Park & Cousins, 1995). Esto favorecería el ciclado de nutrientes (Fließbach *et al.*, 2007) y mantendría la salud del mismo en el largo plazo (Andow, 1991; FAO-AGLL Portal: Soil Biodiversity, 2002) y, consecuentemente, se propiciaría la estabilidad del suelo, significando un aporte para su sustentabilidad a lo largo del tiempo (Ghosh *et al.*, 2009, Malézieux *et al.*, 2008).

La inclusión del trébol, además, puede afectar la fertilidad del suelo (Noe & Abril, 2008). El mejor balance de N luego de la incorporación de los residuos de cosecha del lino cuando se incorporó trébol rojo como cultivo acompañante del lino, sugiere que el sistema de siembra lino-trébol, mejoraría los procesos de reciclado dentro del agroecosistema. Estos sistemas serán más equilibrados en relación al N (Smaling & Fresco, 1993; Koning *et al.*, 1997; Magdoff *et al.*, 1997; Parris, 1999) e incrementarán la disponibilidad de N para el cultivo siguiente (Lefroy & Craswell, 1997), componente fundamental de la fertilidad química del suelo.

La mayor y mejor calidad de residuos que se incorporan al suelo y el mejor balance de N de los sistemas con trébol, se traduce en una menor necesidad de fertilizantes para mantener el nivel del N en el tiempo, lo que significa una disminución en la dependencia de insumos externos (Swift *et al.*, 2004; de la Fuente & Suárez, 2008; Oosterheld, 2008) objetivo primordial para cualquier sistema de producción sustentable, sobre todo para productores de escasos recursos. Consecuentemente, la inclusión de Leguminosas es una alternativa de bajo costo para mantener la fertilidad del suelo (Osorio & Vazquez Alcantara, 1999), lo que significaría una alternativa que mejora la sustentabilidad del sistema (Lefroy & Craswell, 1997).

Los sistemas que no reponen nitrógeno al suelo, conducirán tarde o temprano al agotamiento de este nutriente en el suelo; el tiempo que tarde dependerá de la cantidad que se extraiga y del nivel de N inicial del mismo (Stoorvogel, 2001). De este análisis se desprende que el sistema lino en monocultura, tal como se hace actualmente, al tener un balance de nitrógeno negativo, aporta poco a la sustentabilidad a las propiedades químicas del suelo para este recurso. Y el sistema que mayor aporte realiza a este recurso suelo, es el intercultivo lino-trébol sin control de las malezas con herbicida. Esto denota que la incorporación del trébol constituye una práctica que mejora el uso del recurso suelo, incluso

cuando se usa herbicida, por lo que resulta una alternativa ecológicamente válida para mejorar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de malezas en lino.

Efecto sobre el ambiente externo al predio

Desde un análisis ecosistémico se destaca la necesidad de considerar el impacto que tienen las prácticas de manejo sobre el medio externo al predio, lo cual fue destacado en la quinta conferencia de las partes (UNEP, 2000). En este trabajo, el análisis de los indicadores de impacto ambiental externo, permitió visualizar el posible efecto de las prácticas de manejo evaluadas sobre el sistema adyacente al propio agroecosistema, por lo cual fueron una herramienta adecuada para evaluar aquellos aspectos que atentan contra otros sistemas.

Teniendo en cuenta que el incremento de los rendimientos durante los últimos años se produjo de la mano de un mayor uso de energías provenientes de fuentes no renovables (Gliessman, 2001), el análisis de la eficiencia energética resultó un indicador adecuado para su evaluación (Viglizzo, et al. 2004) y para analizar la sustentabilidad de los agroecosistemas (Campos, et al. 2004).

El dato de eficiencia energética constituye una importante información que permite caracterizar a los sistemas evaluados (Rathke & Diepenbrock, 2006) y contar con un valioso elemento a considerar en el momento de tomar decisiones de manejo. Teniendo en cuenta que agroecosistemas requieren del agregado de energía externa para mantener su productividad (Flores & Sarandón, 2005), lo que incluye el control de las malezas, el análisis de la energía requerida en relación a la egresada de un sistema, es un elemento necesario para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas.

La evaluación de la eficiencia energética en los sistemas de manejo de malezas permitió diferenciarlos en relación a sus requerimientos energéticos. Este análisis toma relevancia, al considerar que el control de las malezas es uno de los objetivos del productor para aumentar el rendimiento de los cultivos.

La baja eficiencia energética registrada en la monocultura de lino, independientemente de la densidad o el arreglo espacial del lino, se debió al requerimiento de incorporar fertilizante al sistema para reponer el nitrógeno extraído por el lino y disminuir el costo biofísico (impacto ambiental del uso masivo de insumos en la agricultura) (Conforti & Giampietro, 1997).

Los sistemas en intercultivo del lino con el trébol fueron más eficientes en el uso de la energía que su monocultura, lo cual se relacionó con la disminución en los requerimientos de fertilización. Y, en los sistemas lino-trébol cuando el cultivo se sembró a densidad normal

la mayor eficiencia en el uso de la energía registrada respecto a la densidad alta, se relaciona con la capacidad del cultivo de compensar el número de semillas y que el trébol no resultó competitivo con relación al lino. Consecuentemente el rendimiento obtenido a las distintas densidades con o sin trébol fue semejante, tanto con o sin el uso de herbicida. Sin embargo, la mayor cantidad de semilla necesaria para sembrar a alta densidad, determinó que se registrara menor eficiencia en el uso de la energía registrada que a densidad normal. Por este motivo, en el sistema lino-trébol, el aumento de la densidad de siembra del lino no significó un aumento en el rendimiento y, sólo generó un mayor gasto desde el punto de vista energético. Es así como, en el caso de la siembra del lino en intercultivo con trébol resulta un sistemas ecológicamente más adecuados desde un punto de vista del uso de la energía (Pervanchon *et al.*, 2002) cuando se siembra a su densidad normal que a alta, independientemente que se use o no herbicida.

La incorporación al suelo del residuo de cosecha del lino sembrado junto con trébol rojo es una estrategia que determina una menor demanda de reposición de nitrógeno al suelo para mantener su fertilidad que cuando el lino es sembrado en monocultura. Consecuentemente, resulta un ahorro en el uso de los insumos que más demandan energía que son los fertilizantes, ya que la reposición de nitrógeno generalmente se hace a través del uso de éstos. El cultivo de lino es alternativo a la colza y a cereales de invierno como es el trigo. El hecho que se adapte a siembras coasociadas da la posibilidad de incorporar al sistema una especie cultivada que en siembras en intercultivo con Leguminosas puede aportar un barbecho que resulte más favorable tanto para la capacidad productiva del agroecosistema como un menor impacto ambiental externo al mismo.

En todos los sistemas evaluados, el mayor porcentaje de ingresos de energía correspondió a los aportes realizados dentro del lote de ensayo (directos) y, dentro de estos, el fertilizante fue el insumo de mayor consumo energético, seguido del combustible, lo cual coincide con lo citado por Iermanó & Sarandón (2009) para otros cultivos. Estos insumos son de la alta demanda energética y, el combustible además es derivado del petróleo, recurso no renovable que debe ser conservado tal como lo señalan Pimentel & Pimentel, (2005) y Martin *et al.* (2006).

Los sistemas con mayor acumulación de biomasa pueden colaborar en la disminución de dióxido de carbono en el aire (Evrendilek & Wali, 2004; Snyder *et al.*, 2009; Huth *et al.*, 2010; de Rouw *et al.*, 2010), principal gas del efecto invernadero. Es así como se espera que los sistemas con trébol, al acumular más biomasa aérea total que la monocultura de lino (independientemente del uso o no de herbicida y la densidad de lino utilizada) realicen una mayor captura de C. De este modo, la inclusión del trébol al sistema de siembra de lino colaboraría con la reducción de dióxido de carbono del aire (Park & Cousins, 1995).

Además, pueden restituir más cantidad de residuos orgánicos al suelo, dependiendo del índice de cosecha alcanzado (Janzen, 2006).

El análisis de la presencia o no de herbicida y su toxicidad resultó un indicador adecuado para evaluar la sustentabilidad de las estrategias utilizadas (Doran & Zeiss, 2000). Teniendo en cuenta que la toxicidad es uno de los factores que más afectan el impacto de un pesticida aplicado (Ferraro et al., 2003) aquellos sistemas de manejo de malezas basados en el uso de herbicidas pueden ejercer un efecto negativo sobre el ambiente externo al propio agroecosistema, afectar negativamente otros organismos que no eran el objetivo de control (Harrison, 1998), ya sea directa o indirectamente, y a su vez su utilización implica un sistema con mayor uso de insumos que sin él.

De dicho análisis, se desprende que los sistemas en los cuales se consideró el control de malezas sólo a través de herbicida tienen un mayor impacto sobre el ambiente externo que aquellos que no lo usan. Esto se relacionó con la menor diversidad vegetal, menor materia seca aportada al sistema, menor porcentaje de residuo restituído al suelo, menor cobertura del suelo, balance de N negativo, menos biomasa total (menor captura de carbono) y menor eficiencia energética que aquellos en los cuales no se utilizó herbicida.

Si bien el impacto hacia otros sistemas que generan los distintos manejos de malezas no es un tema que se haya considerado adecuadamente, los responsables de las actividades llevadas a cabo en los agroecosistemas deben tener en cuenta dichas consecuencias (UNEP, 2000), ya que un sistema sustentable debe mantener la productividad del agroecosistema y minimizar el impacto ambiental externo (Ikerd, 1990).

Si bien, de acuerdo a los indicadores observados, el mayor aporte a la dimensión ecológica de la sustentabilidad lo realizaría el sistema de lino-trébol sin uso de herbicida para el control de las malezas, es necesario evaluar la compatibilidad de este sistema con los intereses del productor, y balancear la necesidad de controlar las malezas con los requerimientos de un modelo de producción sustentable (Marshall et al., 2003, Dollacker & Rhodes, 2007).

El uso de los indicadores seleccionados permitió realizar un análisis global de las prácticas de manejo evaluadas (Odum, 1984, Castoldi, & Bechini, 2010), considerar las posibles consecuencias sobre el agroecosistema (Vitta et al. 2002) si se adoptara el aumento de la densidad del lino, la siembra al voleo o el intercultivo de lino con trébol, como estrategias de manejo de malezas. Y también, detectar los factores más críticos para el mantenimiento de su sustentabilidad si se continúa con un sistema de cultivo en monocultura y con control de malezas exclusivamente con herbicidas (Sarandón, 2002).

El análisis a nivel de ecosistema, tal como lo señaló Buhler, (2006) constituyó una herramienta apropiada para la evaluación de las técnicas de manejo de malezas utilizadas

en el cultivo de lino. A través de este análisis se pudo evaluar la productividad del sistema cultivado considerando no sólo el rendimiento del cultivo, sino también otros aspectos que hacen a la posibilidad de compatibilizar la productividad con la conservación del ambiente y los recursos naturales (Parris, 1999). Se pudo observar que los métodos complementarios al uso de herbicidas presentan puntos más favorables a la sustentabilidad que el control de las malezas sólo con químicos. Las alternativas de manejo evaluadas complementarias al uso de herbicidas, se basan en principios ecológicos que difieren de la tecnología basada en insumos. Pero, al ser principios sitio dependientes, debieran ser evaluados y adaptados a distintos lugares.

La inclusión del trébol rojo junto con el lino puede ser una alternativa para favorecer la conservación del capital natural ("stock"), requisito necesario para una agricultura sustentable (Harte, 1995) ya que la actividad biológica controla la productividad del suelo y le otorga mayor capacidad para tolerar variaciones ambientales (Clapperton, 1999; Prober & Smith, 2009). Se puede considerar que el intercultivo de lino con Leguminosas aporta un barbecho de mejor calidad que la monocultura, por lo que resulta una práctica que beneficia la conservación de los recursos productivos y minimiza el impacto ambiental externo (Altieri, 2002; Flores & Sarandón, 2004) aún en aquellos sistemas en los cuales se usa herbicida.

Es importante tener en cuenta que los resultados de esta tesis surgen de evaluaciones realizadas a partir de ensayos llevados a cabo en parcelas experimentales, como típicamente se generan los resultados de investigaciones en agroecología (Dalgaard et al, 2003). Se sabe que el impacto de los factores que regulan y modifican los servicios del agroecosistema no es igual de acuerdo a la escala de análisis (Frank, 2007) y la influencia de factores antrópicos tiende a aumentar a medida que nos movemos a escalas menores y con mayor resolución (Viglizzo et al. 2004). En este sentido, es esperable distinto efecto del aumento de la complejidad a través de la siembra lino-trébol según la escala de análisis considerada. Es así como, si la adopción de la práctica de intercultivo lino-trébol ocurre por parte de un productor en forma aislada, el aumento de la complejidad puede favorecer variables de efecto local, como son aquellas que tienen que ver con el suelo, por ejemplo: el porcentaje de materia orgánica o la actividad microbiana del mismo. Mientras que, si se aumenta la escala de análisis y se piensa en una situación en la cual varios productores adopten dicha práctica, habría otros fenómenos que se modificarían (Viglizzo et al., 2004).

Otro aspecto a tener en cuenta es lo referente a la dinámica de las poblaciones tanto de plagas como de los benéficos. Se ha registrado mayor abundancia de enemigos naturales en áreas con mayor biodiversidad como se encuentra en ambientes semi-naturales (Paleologos et al., 2008; Marasas et al., 2010). Sin embargo, se conoce que existen diferencias en las distancias (desde los sitios más diversos) que alcanzan las distintas especies de predadores. Por este motivo resulta necesario incorporar al análisis

escalas mayores que las de nivel de parcela, y así alcanzar datos más certeros relacionados con las poblaciones tanto de insectos plagas como de benéficos (van Alebeek et al., 2003).

Ciertos servicios ecológicos requieren de una biodiversidad a nivel de paisaje, tal como es el caso del secuestro de carbono. Alcanzar un diseño del paisaje adecuado para conservar la biodiversidad y mantener los servicios del ecosistema requiere del reconocimiento de los servicios que dicho ecosistema presta. Para lo cual es necesario abordar metodologías que tiendan a fomentar la adopción de conocimientos agroecológicos a gran escala (Daily & Matson, 2008). Es esperable que si varios productores de una misma región aumentaran el nivel de complejidad de sus agroecosistema, el impacto ocurriría sobre variables que requieren de una adopción a una escala mayor que la local, como por ejemplo la regulación biótica, siendo modificados los procesos demográficos que regulan las poblaciones tanto de plagas como de benéficos (Swift, et al 2004).

Un principio considerado universal es que la diversificación vegetal es clave para el control biológico eficiente (Nicholls, 2006). A mayor grado de intervención humana, mayor simplificación del ecosistema y mayor es la reducción de la biodiversidad (Nicholls, et al., 2001). La complejidad del paisaje puede compensar la diversidad reducida en los campos conducidos bajo agricultura convencional. Sin embargo, los beneficios estarían limitados en sitios donde la diversidad del paisaje sea interrumpida por lotes de producción más simplificada (Nicholls, 2001).

Otro aspecto a tener en cuenta es en relación al uso de insumos. Sistemas más simplificados y de alta intensificación de la producción, requieren de más uso de insumos tal es el caso del nitrógeno. Estos sistemas tienden a tener una flora más uniforme de menor diversidad funcional (Nicholls, 2006).

Una de las limitantes para la difusión de sistemas de producción de bajos insumos, es el predominio del análisis costo-beneficio para la toma de decisiones de manejo de los agroecosistemas. En este análisis no se tienen en cuenta los denominados “costos ocultos” (Flores & Sarandón, 2008; Zazo et al, 2011) desconociendo el valor del capital natural, valorando la productividad a expensas del deterioro del mismo. Por otra parte, los distintos actores que hacen a la difusión y puesta en práctica de los sistemas de producción no toman conciencia de los efectos negativos sobre el “capital natural” si se continúa en el mediano y largo plazo con una agricultura de altos insumos. Además, no se dispone de políticas públicas que estimulen la puesta en práctica y difusión de una agricultura agroecológica. En los últimos años se advierte la toma de conciencia, por parte de algunos sectores de la necesidad de replantear el modelo de producción simplificado y en base a alto uso de insumos por uno más diverso y con menor uso de insumos externos. En este marco, distintos Municipios recientemente han establecido ordenanzas que delimitan el uso de agrotóxicos en franjas de campos lindantes al casco urbano como. Ejemplos de ello son

las ciudades de San Genaro, provincia de Santa Fé (Ordenanza 18/2008) y, Luján (Ordenanza 5953/2011) y Cañuelas (Ordenanza 2671/2010) en Buenos Aires. Lo cual incentiva la puesta en práctica de un manejo agroecológico de los sistemas productivos locales, con la finalidad de alcanzar niveles de producción aceptables para los productores, poniendo en práctica estrategias de manejo que favorezcan la conservación de los recursos y disminuyan el impacto sobre el ambiente externo al predio.

CONCLUSIONES

- El desarrollo de indicadores fue una metodología adecuada y fácil de aplicar para evaluar el impacto de los modelos de manejo de malezas en lino sobre la sustentabilidad del agroecosistema. Los indicadores seleccionados resultaron apropiados ya que permitieron detectar diferencias entre los modelos de manejo de malezas evaluados.
- Para las condiciones de este trabajo, la siembra de lino sin la utilización de herbicida presenta puntos más favorables para sustentabilidad independientemente de la densidad de lino lograda. Asociado esto a una mejor capacidad productiva del agroecosistema.
- Los sistemas de siembra en intercultivo lino-trébol mejoran el balance de nitrógeno en relación al cultivo de lino puro y, si se considera la necesidad de reposición de dicho nutriente al suelo, también mejora la eficiencia energética. Por lo cual la siembra del lino junto con trébol presenta puntos más favorables a la sustentabilidad que su monocultura.
- La interseembra del trébol rojo junto al lino constituye una estrategia de manejo ecológicamente más sustentable que el control únicamente con herbicidas. Esto ocurre tanto por mejor conservación de la capacidad productiva del agroecosistema como por ejercer un menor impacto sobre el ambiente externo al agroecosistema.
- La conservación de los recursos suelo y diversidad, estarán comprometidos a lo largo del tiempo si se continúa con la siembra del lino en monocultura y el control de malezas exclusivamente con herbicidas.

BIBLIOGRAFIA

- American Association of Cereal Chemists (AACC).** 1983. Approved methods 46-3 of the AACC 8th ed. Aacc; St. Paul, Minesota, U.S.A.
- Acciaresi, H.A. & S.J. Sarandón.** 2002. Manejo de malezas en una agricultura sustentable. Capítulo 17: 331-361. En Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Abbona, E.A., S.J. Sarandón, M.E. Marasas & M. Adtier.** 2007. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 335-345.
- Abril, A.** 2002. La Microbiología del suelo. Su relación con la agricultura sustentable. Cap. 8: 153-173. En Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Altieri, M.** 2002a. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. Capítulo 2: 49-56. En Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Altieri, M.** 2002b. Agroecology. The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture Ecosystems and Environment* 93: 1-24.
- Andow, D.A.** 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 35: 561-586.
- Andrade, FH.** 1995. Análisis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crop Research* 41: 1-12.
- Arnold, J.B., G. Wall, N. Moore, C.S. Baldwin & I.J. Shelton.** 1997. Soil erosion- Causes and effects. Factsheet 87-040. www.gov.on.ca.
- Astier, M., & O. Masera.** 1996. Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS). Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. Gira. Documento de trabajo 17 pág 1-30.
- Baker, J.M., T.E. Ochsner, R.T. Venterea & T.J. Griffis.** 2007. Tillage and soil carbon sequestration-What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118 (1-4): 1-5.
- Berti, A. & M. Sattin.** 1996. Effect of weed position on yield loss in soybean and a comparison between relative weed cover and other regression models. *Weed Research* 36: 249-258.
- Borin, M., C. Menini & L. Sartori.** 1997. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil & Tillage Research* 40: 209-226.
- Bockstaller, C., Girardin P. & HMG van der Werf,** 1997. Use of agroecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7: 261-270.
- Brussaard, L., P.C. de Ruiter & G.G. Brown.** 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 233-244.
- Buhler, D.D.** 1996. Development of alternative weed management strategies. *Journal of Production Agriculture* 9 N° 4. 501-505.
- Buhler, D.D.** 1999. Expanding the Context of Weed Management. *Journal of Crop Production* 2 N° 1: 1-7.
- Buhler, D.D.** 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* 50 (3): 273-280.

- Buhler, D.D.** 2006. Approaches to Integrated Weed Management. Capítulo 24 en Handbook of Sustainable Weed management. Singh, H.P., D.R. Batish & R.K. Kohli (Eds) Food Products Press. Pp: 813-824.
- Bunnell, F.L.** 2008. Indicators for sustaining biological diversity in Canada's most controversial forest type-Coastal temperate rainforest. *Ecological Indicators* 8: 149-157.
- Bhowmik, P.C.** 1997. Weed biology: importance to weed management. *Weed Science* 45: 349-356.
- Cabeza Gutiérrez, M.** 1996. The concept of weak sustainability *Ecological Economics* 17:147-156.
- Campos, A.T., J.R. Correa Saglietti, O. de Carvalho Bueno, A.T. de Campos, E.S. Klosowski & E. Gasparino.** 2004. Balanço energetico na produço de feno de alfalfa em sistema intensivo de produço de leite. *Ciencia Rural, Santa María* 34 (1): 245-251.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).** 2007. Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. Tomo I. Pg 89-90.
- Castoldi, N. & L. Bechini.** 2010. Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. *European Journal of Agronomy* 32: 59-72.
- Chamorro, A.M. & L.N. Tamango.** 2004. Producción de material seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*). *Revista de la facultad de Agronomía, La Plata* 105 (2): 53-62.
- Chiappe, M.B.** 2002. Dimensiones sociales de la agricultura sustentable. Capítulo 4: 83-96. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas.
- Chikowo, R., V. Faloya, S. Petit & N.M. Munier-Jolain.** 2009. Integrated weed management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132: 237-242.
- Clapperton, J.** 1999. Conservation tillage and soil biology. www.ssca.usask.ca/conference/1999proceedings/Clapperton.html.
- Clements, D.R., S.F. Weise, R. Brown, D.P. Stonehouse, D.J. Hume & C.J. Swanton.** 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52: 119-128.
- Costanza, R.** 1991. Ecological economics: a research agenda. *Struct. Change Econ. Dyn.* 2:335-342. In Harte (1995) *Ecology, sustentability and environment as capital*. *Ecol. Economics*, 15:157-164.
- Curran, W.S.** 1998. Persistence of herbicides in soil. *Agronomy Facts* 36. Penn State College of Agriculture Sciences. Pennsylvania. www.cropsoil.psu/Extension/facts/agfact36 pp: 6.
- Dalgaard, T., N.J. Hutchings & J.R. Porter.** 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Review. Agricultura, Ecosystems and Environment* 100: 39-51.
- Daily, G.C. & P.A. Matson.** 2008. Ecosystem services: from theory to implementation. *PNAS*. 15 de Julio. 105: 9455-9456.
- de Camino, R. & S. Müller.** 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie de Documentos de Programas. Pp 133.

- de la Fuente, E. & S.A., Suárez.** 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18: 239-252.
- De Rouw, A., S. Huon, B. Soulléuth, P. Jouquet, A. Pierret, O. Ribolzi, C. Valentin, E. Bourdon & B. Chantharath.** 2010. Possibilities of carbon and nitrogen sequestration under conventional tillage and no-till cover farming (Mekong valley, Laos). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136: 148-161.
- Dick, R.** 1992. A review: long-term effects of agricultural systems in soil biochemical and microbial parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40: 25-36.
- Dickey, E.C., D.P. Shelton & P.J. Jasa.** 1997. Residue management for soil erosion control. NebGuide. www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops/g544.htm. Pp 1-7.
- Dollacker, A. & C. Rhodes.** 2007. Integrating crop productivity and biodiversity conservation pilot initiatives developed by Bayer Crop Science. *Crop protection* 26: 408-416.
- Doran, J.W. & T.B. Parkin.** 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., D.C. Coleman, D.F. Bezdicek & B.A. Steart (Eds.), *Defining Soil for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA, pp. 3-21.
- Doran, J.W. & M.R. Zeiss.** 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15: 3-11.
- Donahue, S. & Auburn A.L.** 1996. Effects of residue management and no-till on soil quality. Soil quality- Agronomy. USDA. Technical note N° 3. Pp: 1-4.
- Donnelly, A., M. Jones, T.O. Mahony & G. Byrne.** 2007. Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment 27: 161-175.
- Evrendilek, F. & M.K. Wali.** 2004. Changing global climate: historical carbon and nitrogen budgets and projected responses of Ohio's cropland ecosystems. *Ecosystems* 7: 381-392.
- Facknath, S. & B. Lalljee.** 1999. The Living Soil: The soil in perspective. PROSI. Agriculture. www.prosi.net/mag99/36 5june/soil365.htm. Pp: 1-8.
- Ferraro, D.O., C.M. Ghera & G.A. Sznajder.** 2003. Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 96: 1-18.
- Flént, F. M Guérif, J Boiffin, D Dorvillez & L Champolivier.** 2006. The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *European Journal of Agronomy* 24: 367-373.
- Fließbach, A., H.R. Oberholzer, L. Gunst & P. Mäder.** 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 273-284.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata*. 105 N° 1: 53-68.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2004 Limitations of Neoclassical Economics for Evaluating Sustainability or Agricultural Systems: comparing organic and conventional systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 24 (2), 77-91.
- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2005. La energía en los agroecosistemas. Capítulo 4.1. *Curso de Agroecología y Agricultura sustentable*, Abasto, Buenos Aires, Argentina. Material editado en CD. Pp 1-11.

- Flores, C.C. & S.J. Sarandón.** 2008. Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio cumplir con las metas de la sustentabilidad? Análisis de un caso de la Región de Tres Arroyos. Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 3 (3): 55-66.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO-AGLL.** 2002. Portal: Soil Biodiversity, Soil Biota and Biodiversity: the "Root" of Sustainable Agriculture. En: www.fao.org. Visitado el 23/6/02.111.
- Frank, F.C.** 2007. Impacto agroecológico del uso de la tierra a diferentes escalas en la Región Pampeana Argentina. Tesis de Magíster Scientae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce. Pp 1-164.
- French, K. & S. Buckley.** 2008. The effects of the herbicide metsulfuron-methyl on litter invertebrate communities in a coastal dune invaded by *Chrysanthemoides monilifera* ssp. *rotundata*. *Weed Research* 48: 266-272.
- Ghersa, C.M. & R.J.C. León.** 1999. Successional changes in agroecosystems of the rolling Pampa. En Walker L.R (Ed) *Ecosystems of disturbed ground*. Amsterdam. Elsevier. Chapter 20: 487-502.
- Ghersa, C.M., D.O. Ferraro, M. Omacini, M.A. Martinez-Ghersa, S. Perelman, E.H. Satorre & A. Soriano.** 2002. Farm and landscape level variables as indicators of sustainable land-use in the Argentine Inland-Pampa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 279-293.
- Girardin, P. & C. Bockstaller,** 1997. Les indicateurs agro-ecologiques, outils pour evaluer des systemes de culture. *OCL Vol 4*: 418-426.
- Gliessman, S.** 2001. A energética dos agroecosistemas. En: *Agroecología. Processos ecológicos em agricultura sustentável*. Segunda Edición. Editora da Universidade Rio Grande do Sul Brasil. Capítulo 18: 509-538.
- Golik, S.I., H.O. Chidichimo, D. Pérez & L. Pane.** 2003. Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 619-629.
- Gayoso, J. & A. Iroumé.** 1991. Metodología para estimar la fragilidad de terrenos forestales. *Medio Ambiente* 11(2): 13-24.
- Gomez, H.A., D. Swete Kelly, J.K. Syers & K.J. Coughlan.** 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. *Soil Science Society of America. Methods for Assessing Soil Quality, SSSA Special Publication* 49: 401-410.
- Ghosh, P.K., R. Saha, J.J. Gupta, T. Ramesh, A. Das, T.D. Lama, G.C. Munda, J.S. Bordoloi, M.R. Verma & S.V. Ngachan.** 2009. Long-term effect of pastures on soil quality in acid soil of North-East India. *Australian Journal of Soil Research* 47:372-379.
- Gough, A.D., J.L. Innes & S.D. Allen.** 2008. Development of common indicators of sustainable forest management. *Ecological Indicators* 8: 425-430.
- Gregorich, E.G., D.A. Angers, C.A. Cambell, M.R. Carter, C.F. Drury, B.H. Ellert, P.H. Groenevelt, D.A. Holmstrom, C.M. Monreal, H.W. Rees, R.P. Voroney & T.V. Vyn.** 2001. Changes in soil organic matter. Capítulo 5 en *Soil Health* www.sis.agr.gc.ca/cansis/publications/health/chapter05.html.
- Harrison, S.A.** 1998. The fate of pesticides in the environment. *Agrichemical fact sheet* 8. Penn State College of Agriculture Sciences. Pennsylvania. www.pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/uo199.pdf. pp: 4.
- Harte, M.J.** 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.

- Hector, A., B. Schmid, C. Beierkuhnlein, M.C. Caldeira, M. Diemer, P.G. Dimitrakopoulos, J.A. Finn, H. Freitas, P.S. Giller, J. Good, R. Harris, P. Högberg, K. Huss-Danell, J. Joshi, A. Jumppenen, C. Korner; P.W. Leadley, M. Loreau, A. Minns, C.P.H. Mulder, G. O'Donovan, S.J. Otway, J.S. Pereyra, A. Prinz, D.J. Read, M. Scherer-Lorenzen, E.-D. Schulze, A.-S.D. Siamantziouras, E.M. Spehn, A.C. Terry, A.Y. Troumbis, F.I. Woodward, S. Yachi & J.H. Lawton.** 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286: 1123-1127.
- Heink, U. & I. Kowarik.** 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* 10: 584-593.
- Hernanz, J.L., V.S. Giron, C. Cerisola, L. Navarrete & C.F. Quintanilla.** 1992. Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos extensivos. *Investigación Agropecuaria. Producción y Protección Vegetal* 7 (2): 209-225.
- Hill, S.B.** 1977. Agricultural chemicals and the soil. *Ecological agriculture projects*. www.cap.negill.ca/publications/cap.1.htm. 10 pp.
- Huth, N.I.; P.J. Thorburn; B.J. Radford & C.M. Thornton.** 2010. Impacts of fertilisers and legumes on NO₂ and CO₂ emissions from soils in subtropical agricultural systems: A simulation study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136: 351-357.
- Iermano, M.J. & S.J. Sarandón.** 2009 ¿Es sustentable la producción de agrocombustibles a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*, 4 (1): 4-17.
- Ikerd, J.E.** 1990. *Agricultura Sostenible. Series AS N° 10.* Publicación interna, INTA.
- Janzen, H.H.** 2006. The soil carbon dilemma: Shall we read it or use it? *Soil Biology & Biochemistry* 38: 419-424.
- Koning, G.H.J., P.J. van de Kop & L.O. Fresco.** 1997. Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 65: 127-139.
- Lal, R.** 2004. Agricultural activities and the global carbon cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 103-116.
- Lefroy, R.D.B., & E.T. Craswell.** 1997. Soil as a filter for nutrients and chemicals: sustainability aspects. www.agnet.org/library/article/tb146.htm.
- Lefroy, R.D.B., B. Hans-Dieter & R. Mohammad.** 2000. Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81: 137-146.
- Liebman, M. & E. Dyck.** 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3 N° 1: 92-122.
- Lupwayi, N.Z., K.N. Harker, G.W. Clayton, J.T. O'Donovan & R.E. Blackshaw.** 2009. Soil microbial response to herbicides applied to glyphosate-resistant canola. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 171-176.
- Magdoff, F., L. Lanyon & B. Liebhardt.** 1997. Nutrient cycling, transformations, and flows: implications for a more sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*. Vol. 60. pp 73.
- Malézieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. De Tournonet & M. Valentin-Morison.** 2008. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy Sustainable Development*. www.agronomy-journal.org. Pp: 1-20.

- Marasas, M.** 2002. La fauna edáfica y su relación con la calidad del suelo. Cap. 7: 135-151. En Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas.
- Marasas M.E., S.J. Sarandón & A. Cichino.** 2010. Semi-natural habitat and field margins in a typical agroecosystems of the Argentinean Pampas as a reservoir of Carabid beetles. *Journal of Sustainable Agriculture* 34: 153-168.
- Marinari, S., R. Mancinelli, E. Campiglia & S. Grego.** 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and convencional farming systems in central Italy. *Ecological Indicators* 6: 701-711.
- Martin, J.F., Diemont S.A.W., E. Powell, M. Stanton & S. Levy-Tacher.** 2006. Emery evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 128-140.
- Marshall, E.J.P.** 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society Weed Research* 43: 77-89.
- McCarthy, J.R., D.L. Pfost & H.D. Currence.** 1993. Conservation tillage and residue management to reduce soil erosion. Published by University Extension. University of Missouri-Columbia.
www.extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx?P=G1650. Pp: 1-8.
- Metzger, M.J., R. Leemans & D. Schröter.** 2005. The multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global changes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7: 253-267.
- Metzger, M.J., M.D.A. Rounsevell, L. Acosta-Michlik, R. Leemans & D. Schröter.** 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use changes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 69-85.
- Milisich, H.J. & M.A. Gallardo.** 2008. Red de ensayos territoriales de lino (*Linum usitatissimum* L.) campaña 2007/2008. inta.gov.ar/info/doc/Redlino2008.pdf. pp: 1-4.
- Moreno, H.A., G.X. Pedraza & A.J. Solarte.** 2006. Construcción y uso de indicadores de sustentabilidad para la planificación participativa de predios. www.ecoport.net. 5 pp.
- Morris, D.H.** 2007. Linaza - Una Recopilación sobre sus Efectos en la Salud y Nutrición. Flax Council of Canada. www.flaxcouncil.ca
- Müller, F. & R. Lenz.** 2006. Ecological indicators: Theoretical Fundamentals of consistent applications in environmental management. *Ecological Indicators* 6: 1-5.
- Nambiar, K.K.M., A.P. Gupta, Q. Fu & S. Li.** 2001. Biophysical, chemical and socio-economic indicators for assessing agricultural sustainability in the Chinese coastal zone. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87: 209-214.
- Nicholls, C.** 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología* 1: 37-48.
- Nguyen, M.L. & R.J. Haynes.** 1995. Energy and labour efficiency for three pair of convencional and alternative mixed cropping (pasture-arable) faros in Canterbury, New Zeland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 52: 163-172.
- Nicholls, C.** 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*. 1, 36-48.
- Nicholls, C.I., M.A. Altieri & J. Sánchez E.** 2001. Principios básicos de ecología. Capítulo 1. En: Manual práctico de control biológico para una agricultura sustentable. Asociación Vida Sana. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Pp: 10-16.

- Noe, L. & A. Abril.** 2008. Interacción entre calidad de restos vegetales, descomposición y fertilidad del suelo en el desierto del Monte de Argentina. *Ecología Austral* 18: 181-193.
- Paleologos M.F., C.C. Flores, S.J. Sarandón, S.A. Stupino & M.M. Bonicatto.** 2008. Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes semi-naturales en fincas hortícolas de La Plata, buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 3 (1): 28-40.
- Odum, E.P.** 1984. Properties of agroecosystems. En: Lowrance R, BR Stinner & House Ed. *Agricultural Ecosystem: Unifying concepts*. J. Willey & Sons. New York: 5-81.
- Oelbermann, M., R.P. Voroney & A.M. Gordon.** 2004. carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 359-377.
- Oesterheld, M.** 2008. Impacto de la agricultura sobre los agroecosistemas. *Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes*. *Ecología Austral* 18: 337-346.
- Osorio, L. & H. Velásquez Alcántara.** 1999. Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. En *manejo ecológico de suelos. Conceptos, Experiencias t Técnicas*. Red de Acción en alternativas al uso de Agroquímicos. Lima, Perú. www.cepes.org.pe Pp: 30.
- Palm, Ch. & M. Swift.** 2000. Biological management of soil fertility: An approach to integrated management of a natural resource. www.icarda.cgiar.org/INRMsite/documents/workshop_2000.htm.
- Papa, J.C.M., E.C. Puricelli & J.C. Felizia.** 2002. Malezas tolerantes a herbicidas en soja. *Idia XXI*. Año 2, (3): 64-67.
- Park, J. & S.H. Cousins.** 1995. Soil biological health and agro-ecological change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 56: 137-148.
- Parris, K.** 1999. Environmental indicators for agriculture: overview in OECD countries. En: Browe, F.M. & J.R. Crabtree, (Ed), *Environmental Indicators and Agricultural policy*. CAB International 25-44 pp.
- Penfold, C.M., M.S. Miyan, T.G. Reeves & I.T. Grierson.** 1995. Biological farming for sustainable agricultural production. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: 849-856.
- Pervanchon, F., C. Bockstaller & P. Girardin.** 2002. Assesment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural System* 72: 149-172.
- Pimentel, D & M. Pimentel.** 2005. El uso de la energía en la agricultura. *LEISA Revista de Agroecología*. Junio. Pp: 5-7.
- Pimentel, D., Ch. Wilson, Ch. McCullum, R. Hung, P. Dwen, J. Flack, Q. Tran, T. Saltman & B. Cliff.** 1997. Economic and enviromental benefits of biodiversity. *BioScience* 47 (11): 747-757.
- Pollnac, F.W., L.J. Rew, B.D. Maxwell & F.D. Menalled.** 2008. Spacial patterns, species richness and cover in weed communities of organic and conventional no-tillage spring wheat systems. *Weed Research* 48: 398-407.
- Primavesi, A.** 1984. La bioestructura del suelo. Capítulo 7 en: *Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales*. Traducción de Silvia Lerendegui. Editorial El Ateneo. Pp: 193-230.

- Prober, S.M. & F.P. Smith.** 2009. Enhancing biodiversity persistence in intensively used agricultural landscapes: A synthesis of 30 years of research in the Western Australian wheatbelt. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 132: 173-191.
- Raiesi, F.** 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 13-20.
- Rathke, G.W. & W. Diepenbrock.** 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy* 24: 35-44.
- Rubio, A., R.G. Gavilán, F. Montes, A. Gutiérrez-Girón, E. Díaz-Pines & E.T. Mezquida.** 2011. Biodiversity measures applied to stand-level management: Can they really be useful? *Ecological indicators* 11:545-556.
- Sánchez Vallduví, G.E., A.M. Chamorro, L.N. Tamango & R.D. Signorio.** 2003. Estudio preliminar de cultivares de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.). Tercera reunión de Producción vegetal y primera de producción animal del NOA. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. Pp. 1-4.
- Sánchez Vallduví, G.E., A.M. Chamorro, L.N. Tamango, R.D. Signorio & W.R. Miranda.** 2006. Suma térmica para el cumplimiento del subperíodo emergencia- visualización del corimbo en distintos cultivares de lino oleaginoso (*Linum usitatissimum* L.) en La Plata. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. La agrometeorología y el desarrollo local. La Plata, Bs. As. Argentina. Pp. 115-116.
- Sarandón, S.J.** 1996. Impacto ambiental de la agricultura: El enfoque agroecológico como necesidad para el logro de una agricultura sostenible. En: *Sistemas Agrícolas Sustentables*. Escuela de Graduado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo (CLADES), Quito, Ecuador. pp. 68-86.
- Sarandón, S.J.** 1997. Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas mediante el uso de indicadores. III Jornadas Científicas sobre Medio Ambiente. Asociación de Universidades del Grupo Montevideo. La Plata. Argentina.
- Sarandón, S.J.** 1998. The development and use of sustainability indicators: a need for organic agriculture evaluation. XII International Scientific Conference IFOAM 1998. 16/19 Noviembre 1998, Mar del Plata, Argentina. Pg: 135.
- Sarandón S.J. & R. Sarandón,** 1993. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. En Goin J y Goñi (Ed). *Elementos de política Ambiental*. H Cámara de Diputados de la Pcia. de Buenos Aires, Cap 19: 279-286.
- Sarandón, S.J.** 2002a. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la Agricultura intensiva de la revolución Verde. Cap. 1: 23-47. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S.J.** 2002b. El desarrollo de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Cap. 20: 393-414. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S.J.** 2009. Biodiversidad, agrodiversidad y agricultura sustentable. Análisis del convenio sobre diversidad biológica. Capítulo 4: 95-116. En. *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Sociedad científica Latinoamericana de Agroecología. SOCLA. Editor/compilador: Miguel Altieri. www.agroeco.org/socla

- Sarandón, S.J. & C.C. Flores.** (2009). Evaluación de la sustentabilidad en Agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Revista Agroecología*, Vol 4: 19-28 España. ISSN: 1989-4686.
- Sattler, C., U.J. Nagel, A. Werner & P. Zander.** 2010. Integrated assessment of agricultural production practices to enhance sustainable development in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 10: 49-61.
- Scheineiter, O.** 2001. Trébol rojo. Cap. 19: 317-338. En *Forrajeras y Pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina*. INTA. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Sumner, D.R.** 1982. Crop rotation and plant productivity. In M. Recheigl, (ed). *CRC Handbook of Agricultural Productivity*, Vol. I CRC Press, Florida.
- Smaling, E.M.A. & L.O. Fresco.** 1993. A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). *Geoderma* 60: 235-256.
- Snyder, C.S.; T.W. Bruulsema, T.L. Jensen & P.E. Fixen.** 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, ecosystems and Environment* 133: 247-266.
- Stoorvogel, J.J.** 2001. Land Quality Indicators for Sustainable Land Management: Nutrient Balance. www.eiesin.org/lw-kn/n_bguidl2.htm.
- Stute, J.K. & J.L. Posner.** 1995. Legume cover crops as a nitrogen source for corn in an oat-corn rotation. *Journal of Production Agriculture* 8:385-390.
- Swaminathan, M.S.** 2007. Can science and technology feed the world in 2025? *Field Crop Research* 104: 3-9.
- Swift, M.J., A.-M.N. Izac & M. van Noordwijk.** 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113-134.
- UNEP.** 1996. Convention on biological diversity. Disponible en <http://www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-02/official/sbstta-02-10-en> Pdf 29 pp.
- UNEP/CBD/COP/5. 1997.** The Biodiversity Agenda. Decisions from the third meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. Second Edition, Buenos Aires, Argentina, 4-15 de Noviembre de 1996. Pp 116. www.iisd.ca/biodiv/cop3/cop310s.pdf
- UNEP/CBD/COP/5. 2000.** The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi, 15-26 de Mayo de 2000. www.iisd.ca/biodiv/cop5/index.html.
- USDA Natural Resources Conservation Service.** 1996. Soil Quality Resource concerns: soil erosion. http://soils.usda.gov/SQL/publications/files/sq_two_1.pdf. Pp: 1-2.
- Tasser, E., E. Sternbach, U. Tappeiner.** 2008. Biodiversity indicators for sustainability monitoring at municipality level: An example of implementation in an alpine region. *Ecological indicators* 8: 204-223.
- Tyler Millar, G. Jr.** 1994. Población, Recursos, Degradación ambiental y contaminación. Capítulo 1 en: *Ecología y medio ambiente*. Grupo Editorial Iberoamericano. Pp: 2-34.
- Torquebiau, E.** 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.

- Van Alebeek, F.A.N., J.H. Kamstra, B. Venhorst & A.J. Visser.** 2003. Manipulating biodiversity in arable farming for better pest suppression: which species and what scale? *Applied Plant Research*. 14: 109-113.
- van der Werf, H.M.G. & J. Petit.** 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 131-145.
- Viglizzo, E.F. & F.C. Frank.** 2006. Land-use option for Del Plata Basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecological Economics* 57: 140-151.
- Viglizzo, E.F., A.J. Pordomingo, M.G. Castro & F.A. Lértora.** 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria. Ed. INTA. Pg: 1-84.
- Viglizzo, E.F., A.J. Pordomingo, M.G. Castro & F.A. Lértora.** 2003. Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 87: 169-195.
- Viglizzo, E.F., A.J. Pordomingo, M.G. Castro, F.A. Lértora & J.N. Bernardos.** 2004. Scale-dependent controls on ecological functions in agroecosystems of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101: 39-51.
- Viglizzo, E.F., A. F.C. Frank, J. Bernardos, D.E. Buschiazzi & S. Cabo.** 2006. A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 117: 109-134.
- Viglizzo, E.F., F.C. Frank & S.E. Cabo.** 2009. Agoecoindex. Versión 2009. INTA. Programa nacional de gestión ambiental. www.inta.gov.ar/anquil/info/agroindex.
- Vitta, J., D. Tuesca, E. Puricelli, L.A. Nisensohn & D.E. Faccini.** 2002. El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología Austral* 12: 83-87.
- Wall, D.H. & J.C. Moore.** 1999. Interactions underground: soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. *BioScience*. V 49 N° 2: 109-117.
- Wang, D., P. Marschener, Z. Solaiman & Z. Rengel.** 2007. Belowground interaction between intercropped wheat and *Brassicas* in acid and alkaline soils. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 961-971.
- World Commission of Environmental & Development (WCED).** 1987. Our common future. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Xu, W. & J.A. Mage.** 2001. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. *Agriculture Ecosystems & Environment* 83: 215-233.
- Yli-Viikari, A., R. Hietala-Koivu, E. Huusela-Veistola, T. Hyvönen, P. Perälä & E. Turtola.** 2007. Evaluating agri-environmental indicators (AEI s) - Use and limitations of international indicators at national level. *Ecological Indicators* 7: 150-163.
- Zazo, F.E., C.C., Flores & S.J. Sarandón.** 2011. El "costo oculto" del deterioro del suelo durante el proceso de "sojización" en el partido de Arrecifes, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 6 (3): 3-20.
- Zentner, R.P., G.P. Lafond, D.A. Derksen, C.N. Nagy, D.D. Wall & W.E. May.** 2004. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil & Tillage Research* 77: 125-136.

ANEXO:**POSIBLES LÍNEAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES:**

Del análisis de los resultados de esta tesis surgen otras problemáticas relacionadas con el manejo sustentable de las malezas que podrían ser abordadas en futuras investigaciones, tanto en el lino o en otros sistemas cultivados.

- Teniendo en cuenta que la siembra en surcos resulta la más adecuada para favorecer una emergencia uniforme del cultivo y, con la finalidad de favorecer la captura de los recursos por parte del sistema cultivado, una alternativa a considerar es la siembra en surcos más cercanos a lo tradicional para el cultivo de lino.
- Se sabe que el comportamiento del sistema en intercultivo es variable en función de los componentes del sistema, ya que estos varían en sus requerimientos tanto temporal como espacialmente. En este sentido, sería un avance la evaluación de distintas especies leguminosas como acompañantes en siembra en intercultivo con el cultivo de lino y a su vez en distintos sistemas de siembra tanto del lino como del acompañante.
- Con la utilización de dosis reducida de herbicida en etapas iniciales del cultivo, se puede esperar una reducción en la presión de las malezas en etapas tempranas del sistema cultivado y, consecuentemente, generar un ambiente más favorable para el crecimiento de la Leguminosa. Así, podría constituir una estrategia que permita disminuir el uso de insumos externos, obtener un similar o mejor retorno económico que con la utilización de dosis normal de herbicidas y constituir una alternativa de menor impacto sobre el medio ambiente.
- Es frecuente que el cultivo de lino se siembre tarde en relación a la época normal recomendada para cada zona. Probablemente la comunidad de vegetación espontánea sea diferente a la dominante en el cultivo sembrado en su época apropiada. También será diferente la duración de los ciclos tanto del cultivo, de las malezas, como de la especie acompañante y, consecuentemente, se modificaría la ocurrencia de los momentos críticos. La competencia cultivo-maleza varía de acuerdo a las características del sistema en el cual se desarrollan, por este motivo sería importante evaluar estos sistemas en distintas épocas de siembra del cultivo.

- De manera de lograr una evaluación más integral de la sustentabilidad ecológica de los agroecosistemas y poder realizar predicciones a futuro, resulta necesario monitorear la sustentabilidad ecológica a través de indicadores de estado, de manera tal de poder identificar lo que ocurriría a lo largo del tiempo si se continúa con un determinado manejo de las malezas.
- Desarrollar investigaciones orientadas a evaluar del impacto de las prácticas de manejo de malezas sobre la sustentabilidad del agroecosistema a través del *estudio de casos*, aportaría información a una mayor escala de análisis que el nivel de parcela. Esto permitiría conocer el efecto de las prácticas evaluadas a un nivel de complejidad mayor y favorecería la obtención de conocimiento para un manejo agroecológico de los sistemas productivos.
- Una problemática como la abordada en esta tesis debe ser encarada en forma interdisciplinaria, de modo tal que se favorezca el análisis holístico en el cual se basa la Agroecología. A través del trabajo interdisciplinario se puede esperar una visualización de la problemática de las malezas y un planeo de alternativas de manejo donde se tengan en cuenta los distintos integrantes del agroecosistema, los efectos del manejo sobre el mismo, el ambiente externo y la sociedad toda quien necesita y hace uso de ese agroecosistema. A través de un estudio integral e interdisciplinario se lograría un mejor y más amplio diagnóstico incorporando aspectos socioeconómicos al análisis de la sustentabilidad, que permita delimitar acciones futuras en pos de mantener la sustentabilidad de los agroecosistema y consecuentemente permitir el desarrollo de los pueblos en el largo plazo.