

INIA



**INSTITUTO
NACIONAL DE
INVESTIGACION
AGROPECUARIA**

URUGUAY

Resúmenes del Simposio

**SUSTENTABILIDAD DE
LA INTENSIFICACIÓN
AGRÍCOLA EN EL
URUGUAY**

Mercedes - Agosto 4, 2004



Auspician:
AUSID - CALMER - COPAGRAM - FAC. AGRONOMÍA

ACTIVIDADES
DE DIFUSIÓN **365**
INIA LA ESTANZUELA

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Panel: Estructura de la Producción, Suelos y Agua <i>Moderador: Fernando García, Facultad de Agronomía.</i>	
Tecnología y Estructura de Producción <i>Roberto Díaz, INIA; Gonzalo Souto, OPYPA/MGAP; José M. Ferrari, DIEA/MGAP.</i>	1
Efecto de las Rotaciones y el Laboreo en la Calidad del Suelo <i>Alejandro Morón, INIA.</i>	7
La intensificación agrícola y el manejo del agua en los sistemas <i>Jorge Sawchick, INIA.</i>	11
 Panel: Protección Vegetal <i>Moderador: Oswaldo Ernst, Facultad de Agronomía.</i>	
El efecto de la intensificación agrícola en las enfermedades de los cultivos <i>Silvina Stewart, Silvia Pereyra, Martha Díaz, INIA.</i>	19
Intensificación agrícola: efecto sobre la biodiversidad y la incidencia de insectos plaga <i>María Stella Zerbino, INIA.</i>	25
Las comunidades florísticas y su comportamiento ante la intensificación agrícola <i>Amalia Ríos, INIA.</i>	31
 Panel: Económico y de la Producción <i>Moderador: Gonzalo Souto, OPYAP/MGAP.</i>	
Sostenibilidad Económica de los Sistemas Mixtos y de Agricultura Continua <i>Enrique Fernández, INIA; Bernardo Andregnette, CREA.</i>	39
Agricultura y Ganadería: ¿Competencia o complemento? Una visión desde la ganadería"..... <i>J. Peyrou, J. Lema y M. Ilundain, OPYPA/MGAP.</i>	45

Tecnología y Estructura de Producción

Roberto Díaz¹
Gonzalo Souto, OPYPA/MGAP
José M. Ferrari, DIEA/MGAP

El crecimiento de la agricultura de granos ocurre simultáneamente con enormes cambios en la tecnología y estructura de producción en los últimos cinco años. Claramente asistimos a un quiebre tecnológico que hace evidente como nunca el potencial de los cambios técnicos para modificar la estructura económica, social y ambiental de la producción.

En un escenario tan cambiante es difícil anticipar como serán los sistemas de producción que tendremos que atender en los próximos años. Sin embargo, ante tantas posibilidades de cambio, la sostenibilidad de los sistemas productivos debe ser nuestra primer preocupación de análisis, de modo de capitalizar todas las oportunidades y anticipar potenciales problemas. Se deberá trascender la sustentabilidad de los recursos naturales y abarcar también su dimensión económica y social.

Marco General de la Agricultura de Secano hasta el Auge Actual.

La actividad agrícola y sus agroindustrias asociadas se vieron sometidas a fuertes transformaciones en nuestro país durante las dos últimas décadas. Algunos de los rasgos más destacables del desarrollo de la actividad son:

En el Marco Regulatorio y Comercial:

- Ronda “Uruguay”, creación de la OMC y firma del Acuerdo Agrícola de Marrakesh (1994): que generaron señales hacia una progresiva liberalización del comercio de granos.
- Retiro del estado de la intervención y desregulación creciente del funcionamiento del mercado doméstico.
- Apertura comercial con énfasis regional (primero PEC y CAUCE, luego MERCOSUR): reducción de aranceles, devolución de los impuestos indirectos, acceso favorecido a los mercados regionales.
- Presencia activa del crédito público en el financiamiento de la actividad y del proceso comercial.
- Evolución del tipo de cambio real adverso para los bienes transables.

En Aspectos Estructurales:

- Concentración (aumento de los tamaños medios y reducción del número de agricultores).
- Reducción de la superficie ocupada por cultivos
- Aumento de la productividad y la producción
- Consolidación de sistema mixto agrícola-ganadero
- Crecimiento de la orientación exportadora

¹ Supervisor Area Cultivos, INIA. E-mail: rdiaz@inia.org.uy

- Desarrollo del Plan Nacional de Silos, el manejo “a granel” y las capacidades portuarias.

Luego de dos décadas de exposición creciente a la competencia con el mercado regional que agotan las posibilidades dinamizadoras del mercado doméstico, ocurre un intenso proceso de cambio técnico y adopción de tecnología, junto a transformaciones en varias de las agroindustrias asociadas y el comienzo de este siglo encuentra a una agricultura fuertemente transformada con; mayor concentración, mayor productividad, creciente vinculación comercial con los mercados externos, alto endeudamiento de las empresas, etc.

En los últimos cinco años se alternaron dos fases contrastantes; de 1999 al 2001 un período fuertemente recesivo y del 2002 al 2004 un período de expansión.

1999-2002	2002-2004
Devaluación brasileña y pérdida de competitividad	Devaluación y mejora de la competitividad
Caída del precio de los granos	Recuperación de los mercados externos
Adversidades climáticas (déficits y excesos hídricos, heladas tardías, etc.)	Soluciones para canalizar crédito
Problemas sanitarios (Fusariosis y toxinas)	Soluciones para el endeudamiento
Crisis económica del 2002	Ventajas para la inversión argentina

En la fase de expansión se incorporan características marcadamente diferentes del pasado;

- Nuevo patrón de cultivos con predominancia de estivales y en particular soja.
- Adopción acelerada de nuevas tecnologías (SD, uso de OGM, etc).
- Destino de la producción crecientemente externo y "extrazona".
- Nuevo tipo de agricultor.
- Financiamiento por nuevos canales y por capital propio.
- Aumento de la agricultura bajo contrato previo.

La magnitud e intensidad de la expansión agrícola han puesto la actividad en el centro de la atención, focalizándose el interés en la posible duración del crecimiento alcanzado o en los posibles impactos que pueden esperarse en diversas dimensiones sobre: la economía nacional y sectorial, los recursos naturales, otras actividades agropecuarias, etc.

Evolución Tecnológica de la Agricultura en el Cono Sur.

El entorno regional comenzó a influir marcadamente en el desempeño de nuestra agricultura debido a; la integración de cadenas agroindustriales, a la internacionalización de ciertos componentes del paquete tecnológico agrícola, a la regionalización de las empresas que hacen la agricultura, etc. Es en esta región del Cono Sur que nuestra agricultura encuentra los mayores desafíos de competitividad para desarrollarse.

En la agricultura del entorno regional se destacan algunas características que son marcadamente diferentes a otras cuencas agrícolas del mundo. En primer lugar la posibilidad de crecimiento de la frontera agrícola por la disponibilidad de tierras cultivables aun no explotadas. En menos de cuarenta años la región creció de 20 a 65 millones de hectáreas de agricultura de granos. Prácticamente todo ese crecimiento a partir de los 70 responde al crecimiento del cultivo de soja. En cuarenta años el área cultivada aumentó 320 % mientras que el área agrícola de todo el mundo aumentó solamente 15 % en el mismo período

El comportamiento de la producción es aun más impactante pues se multiplica el gran crecimiento en área con crecimientos de los rendimientos por hectárea debido a alta incorporación de tecnología. En el año 1960 se producían 0.8 toneladas de granos por hectárea y en el año 2003 se alcanzaron casi 3 toneladas por hectárea (2.92). Durante más de cuarenta años la productividad por hectárea creció a 2.6% anual cuando el resto del mundo para esos cultivos y en ese período crecía a alrededor del 1,7 % anual. En síntesis la región en cuarenta años pasó de producir 25 a casi 200 millones de toneladas de estos granos constituyendo el principal subsector de la economía agraria regional con un valor estimado de más de 30.000 millones de US\$.

Buena parte de este crecimiento responde al desempeño de la soja que ya es responsable de casi la mitad de la producción de granos y en los últimos cinco años tiene un crecimiento sin antecedentes. Actualmente ya se están produciendo aproximadamente 90 millones de toneladas de soja y la mitad de esa producción fue por crecimiento de los últimos 6 años. La base de éste relanzamiento del cultivo es sustancialmente tecnológica, pues esta región lidera el proceso de modernización de la agricultura.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad el cambio más relevante esta precisamente asociado a la proporción de oleaginosos en relación a los cereales. En la década de los sesenta los cultivos cerealeros -principalmente maíz y trigo- constituían más del 90% del total. Treinta años más tarde el área de oleaginosos ya supera a los cereales en una relación de aproximadamente 65% a 35%. Se modificaron sustancialmente los sistemas productivos y el uso del suelo con alta proporción de oleaginosos se encamina a valores negativos en el balance de carbono en muchas regiones productivas.

Evolución Tecnológica en Uruguay hasta la Situación Actual.

La estructura de producción predominantemente ganadera de Uruguay, históricamente se ha interrogado acerca de la viabilidad de sus recursos naturales para la producción de granos. Se tuvo poca confianza en que la tecnología podría superar esas restricciones e intensificar todo el aparato productivo. Su desarrollo desde el siglo pasado ha sido un proceso lento, que durante décadas fue progresivamente ocupando nuevas tierras agrícolas sin modificar sustancialmente los indicadores de productividad. Era una evidencia clara que mostraba por un lado, el deterioro productivo de los suelos y por otro la lentitud en incorporar innovaciones en tecnología de producción. Recién a mediados de los años 70 comienza un proceso de transformación tecnológica que se acompaña de crecimientos de la productividad muy altos. La producción por hectárea de todos los granos aumentó más rápidamente que en la región pues creció a casi el 3% anual.

Los cultivos que se orientaron al mercado doméstico como el trigo, el sorgo y el maíz rápidamente redujeron sus áreas porque con menos superficie se podía abastecer la demanda local y no logran competitividad de exportación. Solamente mostraron cierto crecimiento cultivos como la cebada y el girasol con colocaciones externas. De cualquier manera, el área agrícola se redujo y se concentró en los mejores suelos en un comportamiento totalmente inverso a la región. Esta tendencia da signos recientes de revertirse y plantea interrogantes sobre las condiciones que deberá tener para alcanzar un crecimiento sostenido.

El modelo mixto agrícola ganadero se expandió en esas mismas tres últimas décadas del siglo y fue la base tecnológica que hizo posible los grandes crecimientos de la productividad. De la misma manera que se redujo el área agrícola creció el área de praderas con mejoramientos forrajeros que introducían las siembras asociadas a cultivos de invierno. El modelo mixto con praderas de leguminosas fue capaz de revertir el deterioro productivo hacia un círculo virtuoso de mejora de la productividad y conservación de los suelos.

En la primera mitad de la década del setenta cuando se inicia el crecimiento de la productividad el área agrícola era el doble que el área de praderas implantadas, mientras que treinta años más tarde el área bajo praderas casi triplica la superficie de los cultivos de grano. El crecimiento actual de la agricultura se está haciendo sobre la mayor proporción de praderas que tuvo el país (1:300.000 has). Según la encuesta de DIEA/MGAP del 2003-2004 se sembraron 118.000 hectáreas de girasol y soja sobre praderas de 3 y más años, lo que represento el 31,5 del área total.

La agricultura nacional no escapa a estas transformaciones, aunque particularmente se plantea una gran interrogante desde que emerge la adopción de la siembra directa; ¿Será posible especializar la agricultura en sistemas puros sin tener necesidad de recurrir a los sistemas en rotación con pasturas para tener una agricultura sostenible y competitiva? Esta pregunta desnuda una segunda que es particularmente relevante para nuestro modelo productivo; ¿Se podrán sumar las ventajas de sostenibilidad productiva y económica viabilizando con tecnología la siembra directa en los sistemas mixtos?

Para comprender cabalmente su significación hay que analizar algo las bases conceptuales de esa integración; rotaciones pastura-cultivos y siembra directa.

La Siembra Directa y los Sistemas Mixtos

En materia de manejo sostenible de suelos agrícolas hay solamente dos grandes senderos tecnológicos disponibles:

Por un lado las rotaciones aumentando la diversificación productiva. Presentan a partir de la monocultura crecientes posibilidades de diversificación que pasan por la alternancia de distintos cultivos, ciclos complementarios para uso más eficiente del suelo, doble cultivo, hasta llegar al modelo más desarrollado; el mixto, donde los cultivos anuales alternan con pasturas plurianuales de leguminosas. En este último sistema, las pasturas que duran más de un año, contribuyen interrumpiendo el ciclo anual de malezas, plagas y enfermedades propias de los cultivos de granos de estación. Así se reduce la necesidad de defensivos agrícolas para la protección contra esos factores bióticos. Por otra parte, las pasturas con leguminosas reducen

notoriamente el riesgo de erosión durante su fase de crecimiento y contribuyen a recuperar el contenido de la materia y el nitrógeno orgánico del suelo.

La segunda alternativa tecnológica se basa en la reducción del laboreo. A partir del laboreo más convencional que requiere largos períodos sin cobertura vegetal ni residuos, se progresa en diversas alternativas de reducción del laboreo y de los tiempos de exposición de suelo desnudo hasta la forma más desarrollada que no requiere laboreo y que conocemos como siembra directa.

El gran desafío para los sistemas con rotaciones de pasturas con cultivos es integrar a la siembra directa sumando las contribuciones, que ambas tienen, a la sostenibilidad productiva. Desde la dimensión ambiental sería sumamente ventajoso converger las dos corrientes tecnológicas en sistemas económicamente viables. Ciertamente, se presentan diversas dificultades propias de la complejidad de los sistemas mixtos y de la estabilización de la condición del suelo luego de la transición del laboreo convencional a la siembra directa que la investigación agrícola no ha resuelto cabalmente.

Condicionantes para la Agricultura Continua en Siembra Directa.

Los altos precios de los granos respecto a los productos pecuarios - principalmente la ganadería de engorde- son restricciones críticas para el desarrollo de sistemas mixtos en siembra directa. Dichas condiciones estimulan la especialización en sistemas agrícolas continuos en siembra directa cuya sostenibilidad productiva y ambiental en el mediano y largo plazo plantea incertidumbres que habrá que clarificar.

La sustentabilidad de los recursos naturales y la económica van en el largo plazo de la mano. En el corto plazo es muy difícil percibir el deterioro productivo resultante de la intensificación agrícola con oleaginosas. La ausencia de pasturas en la rotación hará disminuir progresivamente la capacidad de suministro de N por el suelo y se dependerá de cantidades mayores de fertilizantes nitrogenados cada año. La reiteración de los mismos cultivos y herbicidas totales también incrementará la necesidad de defensivos para el control de plagas, enfermedades y malezas.

Por otra parte, también es posible desarrollar sistemas agrícolas continuos en siembra directa con diversificación de cultivos y adecuada proporción de cereales que mantengan o incrementen el balance de carbono de los suelos. La competitividad de estos sistemas quedará condicionada por la performance productiva y las relaciones de precio entre insumos y productos.

Condicionantes para el desarrollo de sistemas mixtos.

Para conciliar la siembra directa con el sistema mixto, no solamente habrá que superar problemas de compactación que hacen difícil la transición de la fase pasturas a cultivos, sino que habrá que considerar nuevos diseños que seguramente plantearán ciclos agrícolas más extendidos, empleo de las pasturas con conservación de forraje, etc.

Estos cambios técnicos inducen grandes cambios en la estructura de producción y en los diferentes actores sociales del proceso productivo. Precisamente en este sentido es interesante observar una gran restricción que se aprecia para la

implementación de los sistemas mixtos y el modelo de crecimiento agrícola que viene ocurriendo en el país y la región.

La agricultura de granos es probablemente el sub-sector agropecuario que muestra mayor necesidad de economías de escala para preservar su competitividad internacional. Eso se refleja en toda la fase de crecimiento agrícola en un claro aumento de las unidades de producción y concentración en menos actores. El impulso agrícola reciente profundiza aún más esta característica. El rendimiento promedio de los pequeños agricultores de trigo y cebada en el año 2003 con superficies de siembra del orden de 20 has fue de 2068 kg/ha y a medida que aumenta el tamaño aumentan los rendimientos y aquellos que siembran más de 1000 has su rendimiento promedio es 50% más alto (3054 kg/ha). Asimismo el escalamiento de las empresas agrícolas esta asociado a ventajas en la comercialización de insumos y productos.

Por el contrario cuando se analiza la gestión pecuaria se observa un comportamiento opuesto. Los registros realizados por el proyecto GIPROCAR sobre xx productores en cuatro años demuestran claramente que el tamaño de los productores esta negativamente asociados a la productividad. Los productores con menos de 500 has de pastoreo lograron en promedio 320 kg de carne por hectárea de pastoreo mientras que aquellos con más de 1500 has produjeron promedialmente 125 kg. Estos registros fueron estimados para un % de mejoramientos forrajeros equivalente al 60% del área de pastoreo.

Queda así planteada la dificultad que pueden tener las empresas agrícolas grandes para alcanzar registros de producción ganadera altos de modo de lograr en los rubros pecuarios márgenes brutos e ingresos competitivos con la fase agrícola. Por consiguiente, los sistemas mixtos tendrían restricciones importantes para maximizar la rentabilidad en forma simultánea en los rubros agrícolas y pecuarios en cualquier escala de empresa. Una manera de resolver este conflicto es mediante cambios en las relaciones empresariales en la estructura de producción con empresas agrícolas y empresas ganaderas trabajando simultáneamente en los mismos predios con sistemas agrícola ganaderos. Si no se encontrara solución a este conflicto ciertas empresas se especializarán en producción agrícola y seguramente lo harán sobre los mejores suelos y aquellos especializados en producción intensiva de carne los harán sobre suelos de menor potencial productivo.

Efecto de las Rotaciones y el Laboreo en la Calidad del Suelo¹

Alejandro Morón²

El desarrollo de la agricultura convencional, generalmente, ha conducido a un deterioro de la calidad del suelo y por ende de su capacidad productiva dado fundamentalmente por procesos erosivos y balances negativos de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). La reciente incorporación de la siembra directa con el no movimiento del suelo y la colocación de rastrojos en superficie así como la intensificación agrícola con la exclusión de las pasturas en la rotación y el predominio de la soja plantea nuevas interrogantes sobre la evolución del recurso natural suelo de nuestra región.

El objetivo del presente resumen expandido es analizar algunos resultados experimentales relevantes obtenidos por INIA La Estanzuela en Uruguay y Argentina sobre el impacto de la rotación y el laboreo en la calidad del suelo evaluado por indicadores tradicionales y nuevos. Parte de estos resultados se obtuvieron como producto de trabajos conjuntos con INTA Marcos Juárez y la Unidad Integrada Balcarce. Internacionalmente existe un interés creciente en los problemas ambientales dentro de los cuales se destaca el recurso suelo. La cuantificación de la calidad del suelo puede ser realizada con indicadores físicos, químicos o biológicos. El o los indicadores a utilizar deben tener sensibilidad para detectar cambios, capacidad de integrar objetivos, facilidad de medir e interpretar y ser accesible a muchos usuarios. En general, los indicadores más utilizados están asociados a la materia orgánica del suelo. El conocimiento de la evolución de la calidad del suelo con determinadas prácticas agrícolas es necesario para planificar un uso y manejo sustentable del recurso natural suelo. Productores, asesores agronómicos, organismos crediticios, instituciones certificadoras, y políticos son potenciales usuarios de indicadores que permitan monitorear los cambios en el recurso natural suelo.

La Estación Experimental INIA La Estanzuela posee un experimento de Rotaciones de Cultivos y Pasturas con laboreo convencional que fue instalado en 1963, o sea que actualmente tiene más de 40 años, que ha producido información valiosa sobre la dinámica de C, N, P y distintos aspectos de la fertilidad del suelo. Actualmente se observan diferencias de más del 1 % en C orgánico entre los tratamientos extremos (agricultura continua sin fertilización y agricultura fertilizada en rotación con pasturas). En una hectárea de suelo a 20 cm de profundidad una diferencia de 1 % puede significar entre 20.000 y 25.000 kg de C.

El balance de C, fuertemente negativo, de la agricultura continua tanto sin fertilizar como fertilizada se explica básicamente por la erosión, un bajo ingreso de residuos vegetales y un marcado déficit de N. Es altamente significativo el impacto de incluir pasturas en la rotación en el balance de C.

El valor del N total, básicamente N orgánico, en el suelo es el resultado de un balance de entradas, fundamentalmente fertilización y fijación biológica de nitrógeno (FBN), y salidas como la erosión de la materia orgánica, el lavado de nitratos, la

¹ Resumen expandido de la presentación realizada en el Simposio "Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable". INPOFOS Cono Sur. Rosario (Argentina) 22-23/04/04

² Ing. Agr., Dr., Sección Suelos, INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay. E-mail: moron@inia.org.uy

volatilización de amonio, la denitrificación y el retiro de productos vegetales. Las tendencias son semejantes a las observadas en el C comentadas previamente. De igual forma podemos estimar, después de 40 años, que las máximas diferencias encontradas en una hectárea a 20 cm de profundidad son entre 1800 y 2250 kg N total.

Dentro de los nuevos indicadores evaluados se destacaron por su mayor sensibilidad frente a indicadores tradicionales (C orgánico, N total) para detectar los diferentes efectos del uso y manejo del suelo, los siguientes: a) potencial de mineralización de nitrógeno (PMN) por incubación anaeróbica; b) C-POM 212, carbono en la materia orgánica particulada (POM) entre 212 y 2000 micras y c) N-POM 212, nitrógeno en la POM entre 212 y 2000 micras. Esto fue detectado especialmente para la profundidad 0-7.5 cm.

En el trabajo conjunto realizado entre INIA La Estanzuela e INTA Marcos Juárez se seleccionaron experimentos de secuencias de cultivos y labranzas de larga duración localizados en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez. Estos se encontraban sobre un suelo clasificado como Argiudol típico de textura franco-limosa con topografías planas y semi-planas. Los experimentos y tratamientos seleccionados para este trabajo fueron: 1) Soja continua (S-S) establecido en 1975; 2) Maíz – Soja (M-S) establecido en 1988 3) Maíz continuo (M-M) establecido en 1975; y 4) Trigo-Soja (T-S) establecido en 1974. En todos los ensayos mencionados existen tratamientos de laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD) de los cuales fueron seleccionados dos que representaban claramente ambas formas de preparación del suelo. A los efectos de las comparaciones de tratamientos se seleccionó además un suelo de campo virgen (CV) de la misma serie de suelos localizado en la Estación Experimental.

Los tratamientos de siembra directa presentaron los mayores contenidos de C orgánico en superficie en todos los experimentos. Las diferencias registradas en los primeros centímetros a favor de SD frente a LC son de tal magnitud que globalmente en la profundidad de 0-15 cm los mayores contenidos de C orgánico se observan en siembra directa. No se detecta ninguna situación de agricultura continua realizada bajo labranza convencional o siembra directa con niveles de C orgánico iguales o mayores que los encontrados en el suelo indisturbado tomado como referencia. En suma, la siembra directa durante un período de 25 años en un suelo degradado por la historia previa de agricultura convencional es superior al laboreo convencional pero no logra alcanzar los contenidos de C orgánico originales del suelo.

Los tratamientos bajo siembra directa presentaron una mayor estratificación que los de labranza convencional para todos los indicadores evaluados, pero ésta fue más marcada en los nuevos indicadores C-POM, N-POM y PMN. Prácticamente en todos los experimentos, las fracciones C-POM 212 y N-POM 212 y el PMN presentaron diferencias significativas a favor de la siembra directa en la profundidad 0-7.5 cm. Pero en ningún caso se alcanzaron valores similares a los del suelo virgen. Estos nuevos indicadores además presentaron mayores diferencias relativas a favor de la SD frente al LC que con los indicadores tradicionales (C orgánico y el Nitrógeno total).

La Unidad Integrada de Balcarce (Argentina) en conjunto con INIA La Estanzuela estudiaron el efecto del tipo de labranza (LC, laboreo convencional; SD, siembra directa) y de la fertilización nitrogenada (0 y 120 kg N-urea/ha) en la calidad del suelo para un experimento con una rotación de cultivos. El ensayo fue instalado en 1992 sobre un suelo clasificado como Molisol localizado en el INTA Balcarce con historia

previa de agricultura convencional. En 1999 se tomaron las muestras de suelo. Como suelo de referencia se tomo el mismo tipo de suelo, también localizado en INTA Balcarce, pero que nunca había sido cultivado (indisturbado) y que hacia mas de 30 años que estaba con pasturas. Después de 8 años de siembra directa el contenido de C orgánico y N total fueron mayores en siembra directa que en labranza convencional a 0-15 cm, siendo determinante la tendencia observada en los primeros centímetros del suelo. Estas diferencias fueron mayores para el tratamiento de fertilización nitrogenada. Por otra parte, el C orgánico y el N total bajo LC y SD representaron del 57 al 67 % y 75 a 80 % de los valores observados en la pastura de referencia a 0-7.5 y 7.5 – 15 cm de profundidad respectivamente.

Los valores obtenidos para C-POM 212, N-POM 212 y PMN para la profundidad 0 –15 cm los resultados son significativamente favorable a SD frente al LC siendo esto producto de la fuerte diferencia a favor de SD en los primeros centímetros del suelo. También se constato una mayor sensibilidad relativa de los nuevos indicadores (C-POM-212, N-POM-212 y el PMN) frente a los indicadores tradicionales (C orgánico y N total) en los primeros centímetros del suelo para detectar los cambios introducidos por los diferentes tratamientos y a su vez su relación con el suelo de referencia.

En términos generales se puede afirmar que el balance anual de carbono es la diferencia entre las entradas de C (rastrosos, raíces, exudados radiculares) menos las salidas de C (erosión, mineralización). Diversos autores presentan información sobre la relación lineal que existe entre la cantidad de residuos que entran al suelo y los niveles de materia orgánica del suelo. Es claro que existe una diferencia cuantitativa importante entre los cultivos. El maíz sería uno de los cultivos con mayor aporte y la soja se presenta en la situación inversa con el mínimo. Paralelamente la relación C/N mas alta del rastrojo de maíz determinaría una descomposición más lenta y seria más favorable para la formación de materia orgánica estabilizada en el suelo. La soja estaría en la situación inversa. Estos elementos deberían estar en la consideración de la definición de la secuencia de cultivos en una rotación agrícola.

La información presentada es clara respecto al impacto del tipo de laboreo y la rotación en la calidad del recurso suelo. La siembra directa es una tecnología que permite lograr mejores niveles de C orgánico total así como de sus fracciones C-POM 212 y N-POM 212 especialmente en los primeros centímetros del suelo. Idéntica consideración es valida para la capacidad de aporte de N vía mineralización determinada por PMN.

Es definido el efecto positivo de la inclusión de pasturas de gramíneas perennes y leguminosas en rotación con los cultivos en el balance y dinámica del C y el N del suelo. Dentro de las secuencias de rotaciones de cultivos sin incluir pasturas, la soja presenta efectos negativos que pueden ser compensados por el planteamiento de secuencias en las cuales parte de la soja sea sustituida por maíz o sorgo.

Los nuevos indicadores C-POM 212, N-POM 212 y PMN son más sensibles que el C orgánico y el N total para detectar cambios especialmente en los primeros centímetros y pueden considerarse herramientas útiles para el diagnostico y monitoreo de la calidad del recurso natural suelo.

La Intensificación Agrícola y el Manejo del Agua en los Sistemas

Jorge Sawchik¹

La siembra directa comienza a insertarse en los sistemas de producción durante la década del 90, y representa quizás el cambio tecnológico más importante en cuanto a técnicas de manejo de suelo. La siembra directa ha permitido entre otros aspectos disminuir las pérdidas de suelo por erosión, ampliar la ventana de oportunidades para la realización exitosa de los cultivos, dando una mayor estabilidad a los sistemas de producción. Así, surgen fuertemente los sistemas de rotación bajo cultivo continuo y una división espacial de las actividades agrícolas y ganaderas dentro de los establecimientos de producción mixtos. Más recientemente, y debido entre otras causas a las relaciones de precio favorables para el sector agrícola, se ha desarrollado un proceso de intensificación agrícola aún en suelos considerados marginales para la producción de cultivos.

Este proceso se caracteriza por la definición clara hacia un sistema de agricultura continua bajo siembra directa, con una mayor intensidad de uso de suelo, con el cultivo de soja como elemento central en el crecimiento del área y con la llegada de la agricultura de granos a zonas tradicionalmente ganaderas.

El manejo apropiado del agua representa un insumo fundamental para el desarrollo de sistemas de producción sustentables. El agua tiene un impacto directo sobre la productividad de los cultivos. Ese aumento en la productividad incide en la cantidad de residuos y por ende en la materia orgánica del suelo y la estructura que en definitiva gobiernan la dinámica de este recurso (Gil, 2004).

Este trabajo pretende revisar los principales conceptos relacionados con la dinámica de agua en los suelos y las herramientas disponibles para realizar un uso más eficiente de este recurso en los sistemas de producción.

Contenido de agua de un suelo

Resulta útil en este punto definir el concepto de humedad del suelo. Para ello es necesario introducir algunos conceptos básicos. El suelo está constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida se compone de partículas minerales y de materia orgánica. El espacio no ocupado por la fase sólida constituye los poros del suelo. Estos están normalmente ocupados por agua y aire en proporciones variables. Por ejemplo, un suelo de textura media presenta idealmente un 50 % de fase sólida (materia orgánica y minerales) y un 50 % de espacio poroso.

El contenido de agua de un suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas pero además otras propiedades del suelo como por ejemplo: consistencia, plasticidad, compactación y resistencia a la penetración entre otras.

¹ Ing. Agr. (Ph.D.), Manejo y Fertilidad de Suelos, INIA La Estanzuela

El contenido de agua de un suelo puede expresarse de diferentes formas:

Humedad en base a peso:

$$\% H (\text{peso}) = (PH - PS) / PS * 100 \quad (1)$$

Donde % H (peso) es el contenido de agua en base a peso expresada como porcentaje, y PH y PS (g) representan el peso del suelo húmedo y seco respectivamente. El peso seco se determina luego de secar la muestra en estufa por 24 horas a 105°C.

Otra forma de expresar el contenido de agua es en base a volumen y para ello debemos conocer la densidad aparente que es el cociente entre el peso seco de la muestra de suelo y su volumen.

Humedad en base a volumen:

$$\% H (\text{volumen}) = \% H (\text{peso}) * D. \text{ aparente} \quad (2)$$

En la práctica como la precipitación, el riego y la evapotranspiración son expresadas como altura de lámina de agua (mm), es conveniente el uso de esta misma unidad para expresar el contenido de agua de un suelo. Para ello podemos decir que:

$$\text{mm de agua} = (\% H (\text{peso}) * D. \text{ aparente} * \text{Profundidad (cm)}) / 10 \quad (3)$$

Siendo en este caso la profundidad, el espesor del horizonte de suelo considerado.

Agua disponible de los suelos

En general, no toda el agua del suelo está disponible para las plantas. Es por ello que se introduce aquí el concepto de agua disponible (AD) de un suelo. Se define AD como la diferencia entre el contenido de agua de un suelo a capacidad de campo (CC) y el contenido de agua en el punto de marchitez permanente (PMP).

$$AD = CC - PMP \quad (4)$$

Si bien existe una amplia discusión sobre la validez de estos parámetros siguen siendo utilizados como medidas prácticas para el cálculo de la AD.

La CC se define como el contenido de agua de un suelo de un suelo inicialmente saturado luego de que el agua gravitacional ha drenado. Este parámetro puede determinarse en el laboratorio, o en el campo por el método de humedecimiento natural o inferirse a través de otras propiedades del suelo como la granulometría y la materia orgánica. El PMP sería el límite inferior de disponibilidad de agua en el suelo y también puede determinarse con métodos de laboratorio similares a la CC, o mediante ecuaciones que utilizan otras propiedades del suelo.

Para nuestras condiciones Fernández (1979) y Silva et. al, (1988) han desarrollado con datos de laboratorio modelos para estimar estos parámetros para diferentes suelos del país.

Algunas ecuaciones ajustadas se presentan a continuación:

Para horizontes A de textura media a pesada estos autores encontraron que:

$$CC = 21.977 - 0.168 (\% \text{ arena}) + 2.601 (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.127 (\% \text{ arcilla})$$

Para el caso de los suelos arenosos:

$$CC = 8.658 + 2.571 (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.296 (\% \text{ Limo})$$

Estos mismos autores ajustaron las siguientes ecuaciones para el cálculo del PMP en horizontes A y B.

$$PMP = -58.1313 + 0.3718(\% \text{ Materia orgánica}) + 0.568(\% \text{ Arena}) + 0.641(\% \text{ Limo}) + 0.9755(\% \text{ Arcilla})$$

Existe una gran variación en la cantidad de AD para los suelos del Uruguay. Alvarez et al. (1989) y más recientemente Molfino y Califra (2001) estimaron la capacidad de almacenaje de agua para las Unidades 1:1.000.000 teniendo en cuenta la morfología de los suelos y la probable profundidad de arraigamiento, entre otros factores. Estos autores utilizando la base de datos de las Unidades Cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos (escala 1:1.000.000) establecieron cinco grandes clases de agua potencialmente disponible neta para estas unidades cartográficas: muy baja (< a 40 mm), baja (40-80 mm), media (80-120 mm), alta (120-160 mm) y muy alta (> a 160 mm). Esta información es muy relevante porque adiciona un insumo objetivo para la planificación del uso de la tierra.

Balance de agua en el suelo

Para poder establecer prácticas de manejo que conserven y hagan un uso más eficiente del agua del suelo es necesario caracterizar el balance hídrico de un suelo. Esto es en definitiva conocer los ingresos y pérdidas de agua dentro del suelo.

Algebraicamente se puede representar como:

$$P+R = ET + ES + D +/-)Alm. \quad (5)$$

Donde P y R representan los ingresos por precipitación y riego; ET representa la suma del agua perdida por evaporación directamente del suelo (E) y el agua transpirada por el cultivo (T), D es lo que se pierde por drenaje profundo fuera de la profundidad de exploración radicular, ES representa la fracción de la precipitación que se pierde por escurrimiento. Este balance tiene a su vez un término que puede presentar signo variable (+/-)Alm) y que representa la variación en la capacidad de almacenaje de agua del suelo.

Prácticas que aumentan el almacenaje de agua de los suelos

Para las condiciones de nuestro país, caracterizado por una alta variabilidad climática y de la capacidad de almacenaje de agua de los suelos resulta prioritario establecer estrategias que maximicen el almacenaje de agua por los suelos. Esto es muy relevante ante un escenario de intensificación agrícola, en el que aumenta la

frecuencia de cultivos de altos requerimientos hídricos (como maíz y soja en la rotación), o la agricultura tiende a desplazarse a zonas de suelos menos aptos desde el punto de vista del almacenaje de agua.

Dentro de ese enfoque es interesante observar como se comportan los distintos componentes del balance hídrico en nuestra región.

El componente precipitación del balance hídrico presenta para nuestro país una media anual de 1300 mm, con isoyetas de suroeste a noreste que van desde 1100 a 1600 mm anuales. Sin embargo la distribución de la precipitación presenta una gran variabilidad inter e intraanual.

La investigación desarrollada en los últimos años sobre los fenómenos de gran escala (tales como el Niño) y su relación con las tendencias climáticas esperadas para diferentes regiones del mundo ha permitido el establecimiento de pronósticos climáticos de mediano plazo (3 meses). Esos pronósticos permiten establecer la probabilidad de que las condiciones climáticas esperadas sean cercanas a la normal o que presenten desvíos con respecto a lo normal (Baethgen y Giménez, 2004). El avance en la calidad de esos pronósticos permitiría disminuir los riesgos de las actividades agropecuarias y ayudar en la toma de decisiones.

Para lograr un aumento de la cantidad de agua almacenada es necesario un incremento de la infiltración y por consiguiente una disminución en el escurrimiento.

Las prácticas de manejo que parecen más adecuadas para reducir el escurrimiento y aumentar la precipitación efectiva son una rotación adecuada de cultivos, el uso de la siembra directa, el empleo de cultivos de cobertura, esencialmente durante el invierno y en sistemas agrícolas, la duración del período de barbecho y el uso de especies que regeneren la macroporosidad del perfil y/o aumenten la tasa de infiltración de los suelos.

La incorporación de la siembra directa con presencia de rastrojo en superficie aumenta la precipitación efectiva y además provoca una disminución de la evaporación quedando mayor agua disponible para la transpiración de los cultivos. Por otra parte, en el mediano plazo, bajo siembra directa se regeneran los poros de mayor tamaño (> 0.5 mm) creados por acción de raíces y macrofauna del suelo (Micucci et al., 2002). Esto evidentemente tiene un efecto sobre la tasa de infiltración y el flujo de agua en los suelos.

La utilización de cultivos de cobertura verdes es otra práctica de manejo que puede impactar sobre todo en un aumento de la precipitación efectiva. En nuestras condiciones y bajo sistemas agrícolas, el período crítico ocurre durante los meses de invierno, y sobre todo cuando se parte de rastrojos de girasol y soja que dejan un volumen significativamente más bajo de residuos que maíz o sorgo. En ese sentido, Clerici et al. (2004) determinaron mediante el uso del modelo USLE/RUSLE, la alta contribución potencial del cultivo de soja a las pérdidas de suelo por erosión. El menú de especies a emplear en estos casos es diverso y se debe buscar cultivos con altas tasas de crecimiento iniciales (por ejemplo avena) que logren una cobertura rápida del suelo y considerar una duración de barbecho adecuada que permita cierto ahorro de agua para el cultivo siguiente. El período de barbecho es un factor clave a considerar desde el punto de vista del manejo del agua porque a medida que salimos del invierno y avanzamos en la primavera también aumenta la demanda atmosférica y por lo tanto el consumo de agua por el cultivo de cobertura.

En ese sentido Ernst et al. (2001) determinaron una mejor implantación, crecimiento y un mayor contenido de nitratos y agua en el suelo cuando se utilizaban duraciones de barbecho químico mayores a 45 días. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sawchik (2001) para las condiciones climáticas extremas de la zafra 1999/2000.

En lo que se refiere a la búsqueda de especies que mejoren la tasa de infiltración básica del suelo, efecto este comúnmente denominado como “laboreo biológico”, los resultados nacionales son aún muy escasos.

En general en los casos de rotaciones cultivo-pastura es esperable una mejora en las propiedades físicas en la etapa de pasturas, que está asociada a la producción de materia seca durante ese período y fundamentalmente al componente gramíneas de la pastura (García Prechac, 1992). Esto obviamente tiene un efecto directo en el flujo de agua en el suelo. La búsqueda de especies puras que mejoren la tasa de infiltración del suelo ha tenido hasta el momento resultados no concluyentes. Así Gentile, (2002) encontró patrones de enraizamiento diferentes para alfalfa, achicoria y festuca. Sin embargo los tratamientos tuvieron un escaso efecto residual en el crecimiento y desarrollo de un cultivo posterior de sorgo granífero.

Prácticas que maximizan el uso de agua por los cultivos

El segundo paso clave para maximizar la eficiencia hídrica del sistema es lograr que ese almacenaje de agua en el suelo se traduzca en agua transpirada por el cultivo. Para ello es necesario conocer cuáles son las necesidades de agua totales de cada cultivo, los estados de desarrollo más sensibles al déficit hídrico y las capacidades de exploración radicular en profundidad que poseen (Della Maggiora et al., 2000).

Si consideramos las necesidades de agua promedio de los cultivos de verano (alrededor de 500 mm), resulta obvio que el almacenaje de agua máximo para los suelos de nuestro país solo cubre 1/3 de las necesidades de los cultivos. Esto significa que las prácticas de manejo ante un escenario de intensificación deberían tender a reducir el perfil de riesgo esencialmente en estos cultivos.

En ese sentido es claro que aquellas prácticas como la siembra directa que mejoran la dinámica de agua de los suelos van a tener un efecto positivo en la captación de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Otras prácticas a considerar podrían ser: la elección de los cultivos a sembrar en función de la profundidad efectiva del suelo, la época de siembra, población, distancia entre hileras, control adecuado de malezas, manejo correcto de los nutrientes, entre otras. Como ejemplo, el cultivo de maíz presenta un mayor perfil de riesgo en suelos superficiales que el resto de los cultivos de verano (Sadras y Calviño, 2001).

Es claro que muchos de estos factores son de alguna manera utilizados a nivel de los productores de punta aún cuando no los relacionen estrictamente con el uso eficiente del agua.

Ante un esquema de intensificación agrícola, parece necesario profundizar aún más en el impacto de aquellas prácticas de manejo que afectan directamente el almacenaje de agua en el suelo y su uso por los cultivos.

Asimismo el uso de herramientas sencillas para diagnosticar el estado hídrico de los suelos agregaría indicadores objetivos para un mejor manejo de las secuencias de cultivos.

Referencias:

- Alvarez, C.; Cayssials, R.; Molfino J.H. 1989. Estimación del almacenaje de agua en las tierras de Uruguay p 63 – 75.
- Baethgen, W.E.; Giménez, A. 2004. La variabilidad climática, el cambio del clima y el sector agropecuario. In: Clima y respuesta hídrica de pasturas en zonas ganaderas, Serie de Actividades de Difusión No. 364, p 2-9.
- Clérici, C.; Baethgen, W.E.; García-Préchac, F.; Hill, M. 2004. Estimación del impacto de la soja sobre erosión y C orgánico en suelos agrícolas del Uruguay. In XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Argentina 22-24 Junio, CD-ROM.
- Da Costa, M.; Rubio, D.; Ernst, O. 2002. Influence of grazing time and herbicide kill time on grain yield of sorghum in a no-till system. Proceedings of the 25th Southern Conservation Tillage Conference, Auburn, AL, 24-26 June, p 68-73.
- Della Maggiora, A.I.; Gardiol, J.M.; Irigoyen, A.I. 2000. Requerimientos hídricos. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja (Eds.) F.H. Andrade y V.O. Sadras. EEA-INTA Balcarce, FCA UNMP, p 155-171.
- Fernández, C.J. 1979. Estimaciones de densidad aparente, retención de agua disponible en el suelo a partir de la composición granulométrica. In Reunión de la Facultad de Agronomía, 2^a., Montevideo.
- García Préchac, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. In: Revista INIA de Investigaciones Agronómicas No. 1, Tomo 1, p 127-140.
- Gentile, R. 2002. Forages for soil improvement in Uruguayan cropping systems. Master of Science Thesis University of Manitoba, 96 pp.
- Gil, R.C. 2004. Uso y manejo del agua en sistemas sustentables. In Seminario sobre la Sustentabilidad Agrícola 29 y 30/3, Buenos Aires, Argentina, p 45-51.
- Micucci, F.G.; Cosentino, D.; Taboada, M.A. 2002. Impacto de las labranzas sobre los flujos de agua y los tamaños de poros en dos suelos de la pampa ondulada. In Actas del XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, AACCS, pp. 21.
- Molfino, J.H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay -Segunda Aproximación. División Suelos y Aguas, Dirección de Recursos Naturales Renovables, MGAP. Disponible online en <http://www.mgap.gub.uy/renare>
- Sawchik, J. 2001. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. Serie Publicaciones online INIA No.33. p 323 – 345.

Sadras, V.O.; Calviño, P. 2001. Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, sunflower, and wheat. *Agron. J.* 93:577-583.

El Efecto de la Intensificación Agrícola en las Enfermedades de los Cultivos

Silvina Stewart¹
Silvia Pereyra
Martha Díaz

La intensificación de la agricultura va asociada al acelerado proceso de transformación del laboreo convencional al sistema de siembra directa. En los últimos años, la diversificación productiva expresada en términos de variedad de cultivos que se empleaban en la rotación, se vio disminuida como consecuencia de la tendencia alcista de los precios de los granos liderados por la soja. Ello ha llevado a una simplificación del agroecosistema sobre vastas áreas, remplazando la diversidad de la naturaleza con un bajo número de especies cultivadas. El resultado neto es un ecosistema artificial frágil, que ha perdido los mecanismos de autorregulación que tendían a compensar cualquier tipo de desvío del equilibrio óptimo. Esto, requiere la intervención humana constante y un uso creciente de agroquímicos.

La vulnerabilidad total de agroecosistema simplificado está bien ilustrada por la epidemia del tizón que devastó el cultivo de maíz en el sur de los Estados Unidos en 1970 y por la destrucción de millones de toneladas de trigo en los Estados Unidos del medio oeste en 1953 y 1954 por roya de tallo. La epidemia de tizón tardío de la papa y la hambruna subsiguiente en Irlanda a mediados de siglo XIX, nos hace recordar que no se puede depender de una comunidad de cultivos altamente simplificada y en grandes áreas como medio de producción agrícola (Altieri, 1999)

El efecto de la diversidad de las especies cultivadas en un agroecosistema en las enfermedades es mucho menos predecible que su efecto en los insectos. El microclima juega un papel importante en el desarrollo y severidad de las enfermedades, y la diversificación de cultivos y el uso de la siembra directa puede estimular o no el crecimiento del patógeno dependiendo de los requerimientos nutricionales específicos del organismo.

Los microorganismos patógenos han desarrollado dos grandes estrategias de vida según el modo en que se perpetúan. Según sus requerimientos nutricionales, podemos clasificar a los patógenos en **biotróficos** y **necrotróficos**. Los primeros son aquellos que tienen solo una fase parasítica, son parásitos obligados y dependen de la planta viva para nutrirse. Los segundos tienen dos fases en su ciclo de vida, son parásitos facultativos, una fase parasítica sobre su huésped vivo y otra saprofitica donde son capaces de seguir alimentándose de la planta aun después de su senescencia.

Efecto de la intensificación agrícola en los patógenos biotróficos

Los biotróficos no sobreviven sin su huésped vivo, y por lo tanto la única forma de sobrevivir entre zafra localmente es sobre huéspedes alternativos vivos capaces de albergarlos o sobre plantas voluntarias o guachas. La intensificación de la agricultura puede aumentar su severidad por el incremento en el área cultivada con

¹ Licenciada, Sección Protección Vegetal, INIA La Estanzuela. E-mail: silvina@inia.org.uy

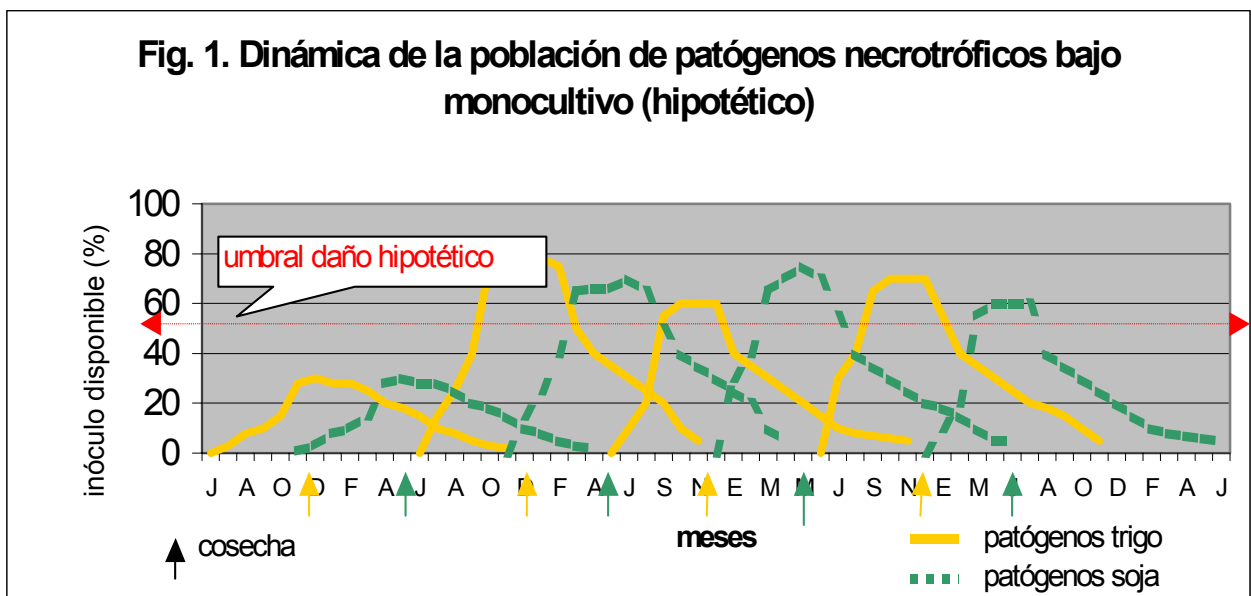
su huésped. Un ejemplo es *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal de la roya asiática de la soja, enfermedad que entró al continente americano en el año 2001 y se ha dispersado e intensificado con la expansión del cultivo de soja en la región. La expansión del área del cultivo no solo implica una mayor cantidad de sustrato disponible para el hongo, sino que las mayores tasas de multiplicación del mismo aumentan las probabilidades de mutación y surgimiento de nuevas razas.

Efecto de la intensificación agrícola en los patógenos necrotróficos

En siembras sin laboreo, el rastrojo en superficie es sustrato y garantía de sobrevivencia para los hongos necrotróficos. Las medidas más sustentables para lograr disminuir el riesgo de infección en un sistema de agricultura intensiva son el uso de variedades resistentes y la rotación de cultivos.

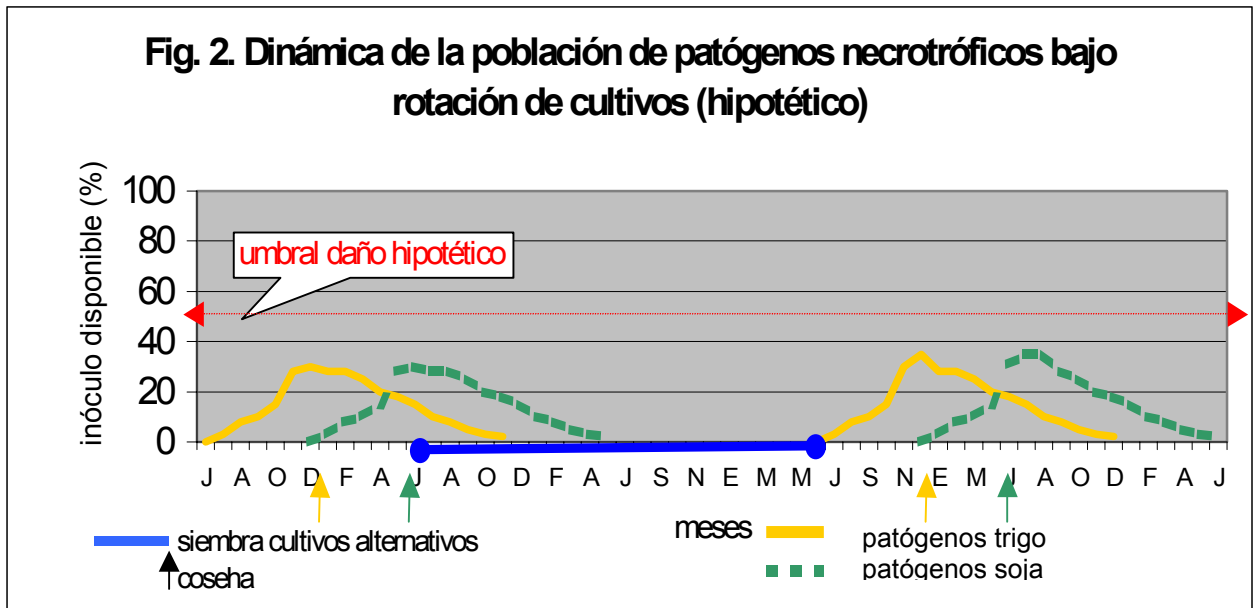
El principio de la rotación de cultivos para el control de enfermedades, esta basado en la supresión del sustrato nutricional del micro-organismo, y solo es efectivo para los patógenos necrotróficos. El monocultivo, por el contrario, hace que periódicamente estemos reintroduciendo el alimento preferencial, y por lo tanto, garantizando la continuidad del ciclo biológico del patógeno. El control por rotación en siembra directa se basa en dos aspectos fundamentales; **respetar el período requerido para la descomposición total del residuo** y **rotar con especies no-susceptibles a los patógenos que deseamos erradicar**.

En las figuras 1 y 2, se presenta la dinámica poblacional hipotética de los patógenos necrotróficos en sistemas bajo monocultivo y rotación de cultivos (modificado de Reis, 1992).



En la situación de monocultivo, los hongos necrotróficos que afectaron al cultivo de trigo permanecen viables en el rastrojo a la siembra del cultivo de trigo subsiguiente (situación similar ocurre para los patógenos de la soja). Esto provoca, que se llegue rápidamente al umbral de daño económico hipotético donde se requeriría una

aplicación de fungicida. Contrariamente, en una situación de rotación con cultivos no-susceptibles a los patógenos del trigo o de la soja, el inóculo no estaría disponible al momento de la siembra y por lo tanto no se llegaría al umbral de daño hipotético en ninguno de los dos cultivos.



El período de tiempo que debería transcurrir antes de volver a sembrar la misma especie en la rotación depende, entre otros, del tipo de hongo necrotrófico. Estos se pueden dividir en dos grandes grupos: (a) enteramente **dependientes del rastrojo** para sobrevivir entre zafras y (b) **parcialmente dependientes** del rastrojo. (Cook *et al*, 1978)

(a) necrotróficos dependientes del rastrojo para sobrevivir.

Es el caso de todos los tizones de las hojas, frutos y tallos de los cultivos, cuyos organismos causales posean un rango restringido de huéspedes y una baja dispersión a grandes distancias. Algunos ejemplos son mancha parda, septoriosis y mancha marrón en **trigo**; mancha borrosa, mancha en red y escaldadura en **cebada**; helmintosporiosis en **avena**; cancro del tallo, mancha negra del tallo, alternariosis y, septoriosis en **girasol**; mancha marrón, mancha púrpura, mancha en ojo de rana, tizón de tallo y vaina, cancro del tallo y antracnosis en **soja**; mancha de la hoja en **maíz** (Cuadro 1).

Este tipo de patógeno, por regla general, sobrevive y se reproduce en el rastrojo hasta su descomposición total. Por lo tanto, es fundamental respetar el período de mineralización de la especie de rastrojo en cuestión antes de volver a reintroducir la misma especie en la rotación.

Es sabido que la tasa de descomposición del rastrojo en superficie es más lenta que cuando el mismo se incorpora (Stewart *et al*, 2001. Morón, 2001), y ésta a su vez está determinada en cada especie por la relación carbono/nitrógeno. Cuanto menor sea

esta relación, más rápida la descomposición (Colozzi *et al* 2001). Así, el sorgo y el maíz demoran más en descomponerse que la gramilla, y ésta a su vez más que el Lotus y el trébol blanco (Morón, 2001).

En La Estanzuela, se ha determinado que *Bipolaris sorokiniana* agente causal de la mancha borrosa en cebada, permanece viable en el rastrojo hasta 27 meses luego de la cosecha y que el tiempo de mineralización del rastrojo en superficie es mayor a 24 meses. La rotación de cultivos, utilizando a la avena como cultivo puente no-susceptible entre cebadas, tuvo una eficiencia de control para mancha en red y borrosa de 57 %. A su vez, la elección de un cultivar menos susceptible a estas manchas determinó un 32.5% menos de enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo (Stewart *et al*, 2001).

(b) necrotrófico parcialmente dependiente del rastrojo para sobrevivir

Es el caso de las podredumbres húmedas y secados anticipados de los cultivos, cuyos organismos causales forman estructuras de resistencia tipo esclerotos. Algunos ejemplos son podredumbre del capítulo y blanca del tallo, secado anticipado, podredumbre carbonosa y podredumbre del tallo del **girasol**; podredumbre blanca del tallo, podredumbre carbonosa y podredumbre de la base del tallo de la **soja** (Cuadro 1).

Este tipo de patógeno, por regla general, sobrevive por más tiempo que lo que demora el rastrojo en descomponerse. Por lo tanto, el período de tiempo que debería transcurrir antes de volver a reintroducir la misma especie en la rotación lo determina la viabilidad de los esclerotos y no el tiempo de mineralización del rastrojo. Además, el efecto de la rotación en este tipo de enfermedades puede verse anulado por el hecho de que estos hongos poseen esporas muy pequeñas capaces de ser llevadas por corrientes de aire a grandes distancias y por el amplio rango de huéspedes capaces de albergarlos.

El hongo *Sclerotinia sclerotiorum* es un patógeno de este tipo que infecta la base del tallo y el capítulo de girasol produciendo una podredumbre blanda. Este hongo forma estructuras de resistencia o esclerotos que normalmente permanecen en el suelo por varios años. Cuando estos germinan pueden dar origen a micelio que infecta la base del tallo de plantas de girasol (o de otras especies susceptibles) o a estructuras en forma de copa (apotecios) en los que se originan las esporas del hongo (ascosporas). Estas, constituyen el inóculo primario, y son llevadas por corrientes de aire alcanzando los capítulos de girasol donde provocan la podredumbre de este órgano.

Esta enfermedad, llamada la podredumbre blanca del tallo y del capítulo, es de difícil control. La rotación de cultivos por si sola no logra controlar la enfermedad por la prolongada viabilidad de los esclerotos, y porque las esporas son pequeñas y se desplazan desde grandes distancias. Además tiene un amplio rango de huéspedes alternativos dentro de los cuales figuran la soja, la canola y la alfalfa. Las estrategias de control para esta enfermedad pasan por la elección de la época de siembra (cuanto más tardía, mayor probabilidad de infección), elección de cultivares resistentes, adecuado espaciamiento entre plantas y el control químico.

Consideraciones finales

En el Cuadro 1, se presenta la lista de las principales enfermedades a hongos necrotróficos en cultivos de secano y los huéspedes cultivados que las comparten. La rotación de cultivos a implementar para minimizar el efecto de las enfermedades en una rotación agrícola intensiva debería basarse en **(1) un diagnóstico** de la enfermedad que presentó el cultivo, en base a esto **(2) seleccionar aquella especie que no sea huésped de ese patógeno en particular**. Recordar que si el patógeno es de tipo (a) basta con esperar a que el rastrojo se mineralice antes de volver a re-incluirla en la rotación y si es de tipo (b) además de planificar una rotación más larga, se debería pensar en otras alternativas de control.

Bibliografía:

- Altieri, M.A. 1999. El agroecosistema: determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. *In: Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad
- Colozzi Filho, A.; De Sousa Andrade, D; Balota, E. L.. 2001. Comunidad microbiana en suelos en siembra directa. *In: Siembra directa en el Cono Sur / coordinador Roberto Díaz Rossello*. Montevideo: PROCISUR, 2001. 450p.
- Cook, R.J.; Boosalis, M.G.; Doupnik, B. 1978. Influences of crop residues on plant diseases. *In: Crop Residue Management Systems*, pp 147-63. Madison, Wis: Am. Soc. Agron. Spec. Publ. 31. 248pp.
- Morón, A. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. *In: Siembra directa en el Cono Sur / coordinador Roberto Díaz Rossello*. Montevideo: PROCISUR, 2001. 450p.
- Reis, E.M. 1992. Potencialidade de controle de doenças de trigo e da cevada por rotacao de culturas. *In: Rev. INIA Inv. Agr. N°1, Il. 177-187pp*.
- Stewart, S.; Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M. 2001. Manchas foliares de trigo y cebada en siembra directa: conceptos y estrategias de control. Publicación on-line N°36. *In: [www/inia.org.uy/publicaciones/publicaciones.htm](http://www.inia.org.uy/publicaciones/publicaciones.htm)*.

Intensificación Agrícola: Efecto sobre la biodiversidad y la incidencia de insectos plaga

María Stella Zerbino¹

Introducción

Los agroecosistemas son unidades geográficas más o menos complejas, donde se manejan recursos naturales, ingresan insumos y dan como resultados productos. Su comportamiento depende básicamente de la interacción de los diversos componentes bióticos y abióticos. La biodiversidad presente en ellos a través de flujos de energía y nutrientes y de sinergias biológicas, cumple funciones en el reciclaje de nutrientes, en la regulación de procesos hidrológicos locales, en la regulación de la abundancia de organismos indeseables y en la detoxificación de productos químicos nocivos. La persistencia de estos procesos que son fundamentalmente depende del mantenimiento de la diversidad biológica (Figura 1). La intensificación y la simplificación del sistema hacen que las funciones, antes descritas, se pierdan progresivamente, por lo que deben ser sustituidas por insumos químicos con los consecuentemente los costos económicos y ambientales. Por lo tanto la reducción en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente el funcionamiento de los agroecosistemas con consecuencias graves sobre la productividad y sustentabilidad agrícola.

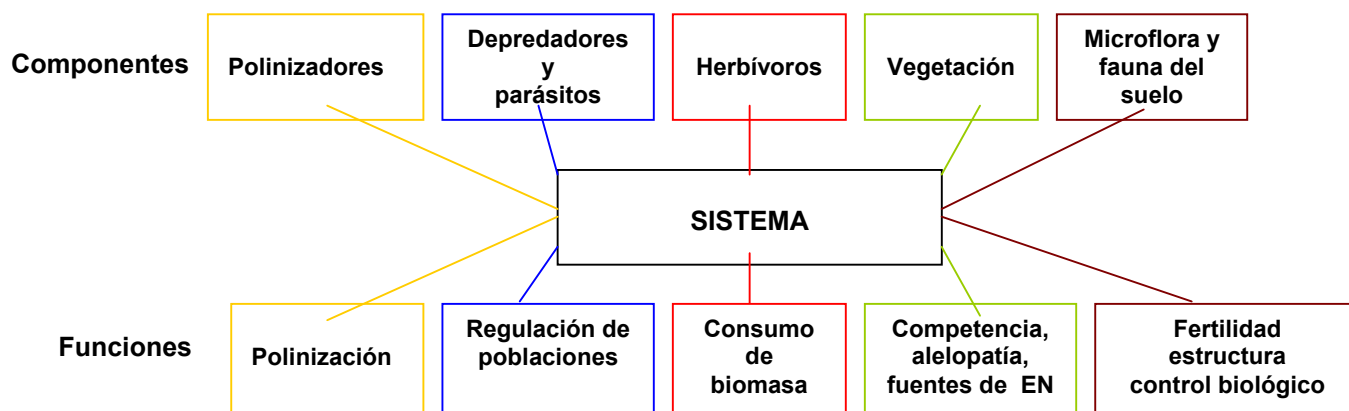


Figura 1. Componentes bióticos de un sistema y sus funciones (Adaptado de: Altieri, 1991)

Una de las formas en que se manifiesta la estabilidad de un sistema es a través de la incidencia de insectos plaga (Flint y Roberts, 1988). Meyer *et al.* (1992) consideran que la abundancia y diversidad de insectos benéficos son indicadores de sustentabilidad y de calidad del paisaje, mientras que la densidad de insectos plaga es indicador de la sustentabilidad y de la contaminación de recursos naturales.

¹ Ing. Agr., Sección Protección Vegetal, INIA La Estanzuela. E-mail: stella@inia.org.uy

Tipos de biodiversidad en los agroecosistemas

Vandermeer y Perfecto (1995), distinguen en un agroecosistema dos tipos de componentes de biodiversidad, la planificada representada por el sistema de producción (cultivos, animales, etc.) y la asociada que incluye la flora y fauna del suelo, los herbívoros, descomponedores y depredadores que colonizan desde los ambientes circundantes y que su permanencia depende del tipo de manejo adoptado. La relación entre ambos tipos de biodiversidad se ilustra en la figura 2, se observa que la planificada tiene efectos directos sobre las funciones del agroecosistema y que la asociada que tiene funciones ecológicas importantes al mediar procesos como la introgresión genética, el control natural, el reciclaje de nutrientes, la descomposición etc., está determinada por la planificada.

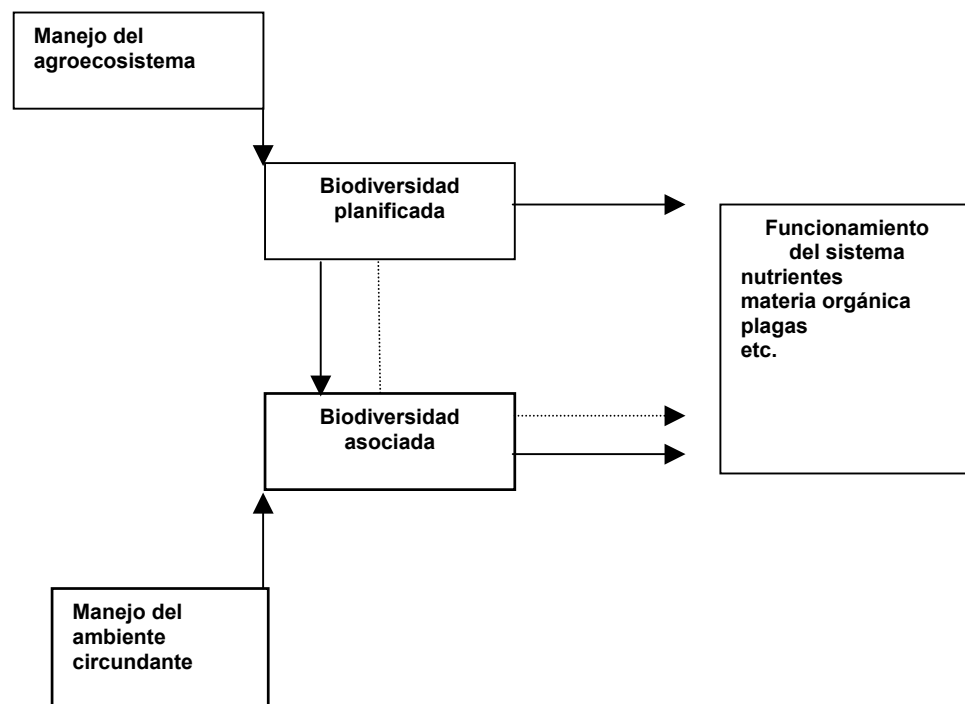


Figura 2. Relación entre los diferentes tipos de biodiversidad y el funcionamiento de agroecosistemas (adaptado de: Vandermeer y Perfecto, 1995)

Importancia del manejo del hábitat en la presencia de insectos

La planificación del hábitat tiene por objetivo disminuir la incidencia de los insectos que causen daño y que los enemigos naturales encuentren un ambiente adecuado que favorezca la supervivencia y reproducción. Para ello es importante considerar las estrategias de vida. Los insectos, como todos los organismos, se pueden clasificar en buenos competidores (estrategas K) y buenos colonizadores (estrategas r). Los insectos fitófagos que habitan el suelo, los depredadores y parasitoides, son estrategas K, tienen limitada capacidad de dispersión, colonizan sitios vacantes en forma lenta, es decir un ambiente estable. La mayoría de los insectos que atacan la

parte aérea de cultivos, son estrategias r, tienen gran capacidad de dispersión y producción de progenie y presentan varias generaciones en el año. Según la especie, colonizan el cultivo desde áreas circundantes o desde distancias considerables.

En general, el nivel de diversidad de insectos depende de cuatro características (Southwood y Way, 1970):

- 1) de la diversidad de la vegetación dentro y alrededor del predio
- 2) la durabilidad del cultivo
- 3) la intensidad de manejo
- 4) el aislamiento de la vegetación natural

La relación entre la diversidad de la vegetación y la de los artrópodos es directa. La heterogeneidad de especies vegetales determina la variedad de herbívoros presentes la que a su vez determina la abundancia y diversidad de depredadores y parásitos.

La continuidad de un gran número de plantas de la misma especie (característica de un cultivo extensivo) favorece el surgimiento violento de los insectos herbívoros debido a que encuentran los recursos concentrados y hay una mínima exposición a factores adversos. Por el contrario los enemigos naturales colonizan en forma lenta y además son menos abundantes, porque los ambientes simplificados no proporcionan fuentes alternativas adecuadas de alimentación, refugio, reproducción (van den Bosch y Telford, 1964, Root, 1973). En estas situaciones las áreas no cultivadas, tienen un papel muy importante como reservorio de enemigos naturales, los cuales podrán ingresar rápidamente al cultivo disminuyendo el tamaño de la población plaga (van Emden, 1965).

La presencia de praderas en los agroecosistemas es un factor con efecto positivo en la estabilidad de un mayor número de especies de invertebrados y en la disminución de los daños a los cultivos. Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en los policultivos, como es el caso de las praderas: la de la concentración de recursos y la de los enemigos naturales, ambas sugieren mecanismos claves de regulación (Root, 1973). De acuerdo a las mismas, una menor densidad de herbívoros puede ser el resultado de una de una menor colonización y reproducción de plagas ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no-hospederas, prevención de inmigración u otros factores (Andow, 1991) o alternativamente consecuencia de una mayor depredación y parasitismo. El incremento de la población de enemigos naturales se debe a las mejores condiciones de supervivencia (hábitat y alimento). Los policultivos ofrecen más fuentes de néctar y polen y ello aumenta su potencial reproductivo (Altieri y Liebman, 1988).

Las malezas también influyen en la diversidad y abundancia de los insectos herbívoros y enemigos naturales asociados a los sistemas de cultivos. Ciertas especies vegetales, fundamentalmente de las familias de las umbellíferas, compuestas y crucíferas ofrecen refugio o complementan la alimentación de los enemigos naturales (Altieri y Whitcomb, 1979).

Los patrones espaciales del paisaje afectan la biología de los artrópodos de forma directa e indirecta, afectando en consecuencia la abundancia y diversidad de enemigos naturales y la magnitud de la incidencia de insectos plagas. Sin embargo, la relación entre la estabilidad y la diversidad de especies no es sencilla dado que las características funcionales de los componentes son tan importantes como el número total de especies (Nicholls y Altieri, 2004).

El éxito de las medidas de incremento de diversidad vegetal es determinado por la escala en que son implementadas. El tamaño de las chacras, la composición de la vegetación circundante y el nivel de aislamiento (distancia de la fuente de los colonizadores), afectaran las tasas de inmigración y emigración y el tiempo efectivo que permanece un determinado enemigo natural en un campo cultivado (Price, 1976).

La expansión de la agricultura, que trae como resultado monocultivos extensivos o patrones de rotación cortos con poca diversidad de especies y la siembra homogénea de especies y/o variedades similares reduce la diversidad a nivel regional y favorece la presencia de insectos plaga (Andow, 1983). Por el contrario, en una región agrícola ganadera coexisten cultivos y áreas sin cultivar con praderas artificiales y campo natural que permanecen con pocas modificaciones durante varios años. Este sistema proporciona continuidad de huéspedes vegetales a algunas especies fitófagas, pero también ejerce el mismo efecto sobre los enemigos naturales.

Uso racional de los insecticidas

Los insecticidas son sustancias tóxicas cuyos efectos sobre los seres vivos dependen de su estructura química, modo de acción y empleo y de las características del receptor. La mayoría de ellos no son específicos y es casi inevitable que como consecuencia de su uso mueran especies no objetivo (enemigos naturales, polinizadores, aves, peces, etc.). Otro efecto inevitable e indirecto es que elimina el alimento de muchos de los agentes de control natural. En la mayoría de los casos el efecto en las especies no objetivo es local y temporal, por lo que se pueden recuperar y volver a recolonizar. En las especies no objetivo pueden ser esperados efectos similares a los causados por los organoclorados, cuando un insecticida no persistente es aplicado repetidas veces en un cultivo perenne o en un cultivo anual que se desarrolla en la misma área. Si el cultivo ocupa grandes extensiones y los insecticidas utilizados son los mismos, los efectos pueden ser mayores, las posibilidades de la recolonización son escasas e incluso podría causar la desaparición de las especies no objetivo, incrementando los problemas de resurgencia y resistencia (Dempster, 1987).

La base del manejo racional de insecticidas son las relaciones entre toxicidad, dosis, selectividad y residualidad (Castiglioni, 2000). Con esta estrategia se pretende controlar al agente nocivo, evitando efectos colaterales indeseables, como la eliminación de organismos útiles. Conociendo el comportamiento de los insectos plaga y de los enemigos naturales, conjuntamente con el desarrollo de métodos de monitoreo se puede establecer el momento más apropiado del tratamiento reduciendo los efectos negativos sobre los organismos benéficos (Hassan, 1987).

En los últimos años, la preocupación por los efectos adversos que producen los insecticidas sobre el ambiente y la salud humana llevó al desarrollo de moléculas más selectivas y con menor persistencia en el ambiente (Omoto, 2000). El avance en los conocimientos sobre la endocrinología de los insectos llevó al desarrollo de productos de origen sintético o natural de estructura similar a ciertas hormonas que regulan el crecimiento de los artrópodos (inhibidores de quitina, juvenoides, etc.). Su efecto es interferir el desarrollo impidiendo que el insecto complete su ciclo. Son relativamente específicos, pero su uso requiere mayor supervisión y experiencia (Wilkinson, 1987).

Si bien los insecticidas de origen biológico son conocidos desde hace mucho tiempo, en los últimos años hubieron avances importantes con la aparición de formulaciones de insecticidas de origen microbiano y botánico.

Consideraciones finales

Los sistemas agrícolas, como consecuencia de la simplificación de la biodiversidad son más inestables. Los problemas con insectos plaga se acentúan y por lo tanto requieren mayor uso de insecticidas con los efectos colaterales negativos que causan (intoxicaciones, contaminaciones, muerte de fauna silvestre, muerte de enemigos naturales, resurgencia y resistencia de plagas).

Existen algunas medidas de manejo que pueden disminuir estos efectos negativos:

- incrementar la biodiversidad a través de la permanencia de la vegetación natural en los bordes de las chacras, el uso de corredores con vegetación diversa y/o la siembra de franjas de especies vegetales que brinden refugio y alimento a los enemigos naturales.
- sembrar cultivos trampa que atraigan los insectos plaga y que permitan reducir el uso de insecticidas.
- usar insecticidas y dosis selectivos.

Bibliografía

Altieri, M. A. 1991. Traditional farming in Latin America. *The ecologist* 21:93-99.

Altieri, M.A.; Liebman, M.Z. 1988. Weed management in agroecosystems. Ecological approaches. Florida, CRC Press.

Altieri, M.A.; Rosset, P. 1995. Agroecology and the conversion of large-scale conventional systems to sustainable management. In press, *International Journal of Environmental Studies*.

Altieri, M.A.; Whitcomb, W.H. 1979. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *Hort. Science* 14:12-18.

Andow, D.A. 1983. The extent of monoculture and its effects on insect pest populations with particular reference to wheat and cotton. *Agr. Ecosyst. Environ* 9:25-36.

Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561:586.

Castiglioni, E. 2000. Elementos para las decisiones de aplicación. In Zerbino, M.S.; Ribeiro, A. (eds) Manejo de plagas en pasturas y cultivos. INIA, Uruguay. Serie Técnica N° 112. pp. 97-105.

Dempster, J.P. 1987. Effects on wildlife and priorities in future studies. In Brent, K.J.; Atkin, R.K. (eds) Rational pesticide use. Cambridge University Press. pp. 17-25.

- Flint, M.L.; Roberts, P.A. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *Am. J. Of Alternative Agriculture* 3: 164-167.
- Hassan, S.A. 1987. Integrating chemical control with the activity of beneficial organism. In Brent, K.J.; Atkin, R.K. (eds) *Rational pesticide use*. Cambridge University Press. pp. 27-32.
- Meyer, J.R. Campbell, C.L.; Moser, T.J.; Hess, G.R.; Rawlings, J.O.; Peck, S.; Heck, W.W. 1992. Indicators of the ecological status of agroeco-systems. In McKenzie, D.H.; Hiatt, D.E.; McDonald, V.J. (eds) *Ecological Indicators*. London Elsevier Applied Science. Vol 1
- Nicholls, C.I.; Altieri, M.A. 2004. Designing species rich, pest suppressive agroecosystems through habitat management. In Rickerl, D.; Francis, C. (eds). *Agroecosystems analysis*. American Society of Aronomy, Madison. WI. Chapter 4. pp 49-62.
- Omoto, C. 2000. Modo de ação de insecticidas e resistência de insectos a insecticidas. In Guedes, J.C.; Dressler, I. da C.; Castiglioni, E. (eds) *Bases e técnicas do manejo de insectos*. pp. 31-49.
- Price, P.W. 1976. Colonization of crops by arthropods: Non equilibrium communities in soybean fields. *Environmental Entomology* 5 (4) : 605-611
- Root, R.B. 1973. Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*) *Ecol. Monogr.* 43:95-124.
- Southwood, T.R.E.; Way, M.J. 1970. Ecological background to pest management. In Rabb, R.L.; Guthrie, F.E. (eds) *Concepts of pest management*. North Carolina State University. pp. 6-28.
- Van den Bosch, R.; Telford, A.D. 1964. Environmental modification and biological control. In DeBach, P. (ed) *Biological control of insect pest and weeds*. New York, Reinhold. pp. 459-488.
- Vandermeer, J; Perfecto, I. 1995. *Breakfast of Biodiversity: the truth about rainforest destruction*. Oakland, FFB. sp.
- Van Emden, H.F. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Sci. Hort.* 17:121-136.
- Wilkinson.C.F. 1987. Environmental toxicology, its role in crop protection. In Brent, K.J.; Atkin, R.K. (eds) *Rational pesticide use*. Cambridge University Press. pp. 33-41.

Las comunidades florísticas y su comportamiento ante la intensificación agrícola

Amalia Rios¹

Las malezas presentan una serie de atributos resultado de su adaptación a prácticas agrícolas, entre las que se destacan: similitud morfológica y fisiológica a los cultivos, tolerancia o resistencia a herbicidas, regeneración a través de propágulos vegetativos, producción abundante de semillas que presentan distintos mecanismos de dormancia asegurando su longevidad y germinación escalonada en el tiempo.

El manejo de malezas a través del control integrado implica la utilización de estrategias dirigidas de manera tal, que el balance competitivo se incline a favor de los cultivos, englobando principios ecológicos y fisiológicos.

Desde hace muchos años y aún actualmente en los sistemas de rotaciones agrícolas ganaderas se mantienen comunidades de malezas multiespecíficas, caracterizadas por una abundante diversidad de especies latifoliadas y una menor incidencia de gramíneas anuales.

Esta situación es el resultado de la rotación cultivos pasturas donde las malezas están adaptadas a laboreos frecuentes y fuerte presión de competencia lo cual determina altas velocidades de crecimiento y producción de semillas abundante, las que en general sobreviven varios años en el suelo sin perder su viabilidad y capacidad de reinfestar cultivos y pasturas.

El efecto rastrojo de los sistemas agrícolas de siembra directa en las malezas

En sistemas bajo siembra directa los laboreos son sustituidos por aplicaciones de herbicidas totales con lo cual se alcanzan cometidos similares, el barbecho químico sustituye al laboreo en la preparación de la cama de siembra y en el control de las malezas.

En estos sistemas, durante los primeros años germinan las semillas ubicadas más próximas a la superficie, pero este banco se va agotando con el tiempo.

Las reinfestaciones de malezas posteriores en cultivos y pasturas provienen de especies que se adaptan a las condiciones de germinar e implantarse sobre la superficie del suelo y debajo del rastrojo.

El rastrojo en superficie produce cambios que modifican la comunidad florística ya que altera el tipo de radiación que llega al suelo, reduce la temperatura y atenúa la amplitud de temperaturas entre el día y la noche que se registra en la superficie del suelo, modifica los contenidos de materia orgánica en superficie y la compactación superficial del suelo.

La respuesta a la radiación luminosa es determinada por la presencia en la semilla de un fotorreceptor llamado fitocromo. Este se presenta bajo dos formas, fitocromo 660 (F₆₆₀) la forma inactiva, con su pico de absorción en la zona roja (660 nm.) del espectro visible. Cuando las semillas son irradiadas con esa longitud de onda, F₆₆₀ pasa a la forma activa conocida como fitocromo 730 (F₇₃₀) promotora de la

¹ Malherbología, INIA La Estanzuela.

germinación. La reversión a F_{660} se realiza en ausencia de luz o bajo radiación rojo lejano (730nm.)

El fitocromo al ser estimulado por la luz, modifica el equilibrio hormonal de las semillas de manera que los promotores de la germinación pasan a predominar cuantitativamente sobre los inhibidores.

El fitocromo actúa como un transmisor ecológico de la composición espectral de la luz incidente, promoviendo o inhibiendo la germinación. Esa acción transductora es adaptativa y tiende a circunscribir la germinación donde hay mayores condiciones de luminosidad y por lo tanto mayor posibilidad de sobrevivencia de plántulas.

La radiación se modifica al atravesar ya sea la vegetación o al ser interceptada y reflejada por el rastrojo en superficie. A modo de ejemplo las hojas verdes actúan como filtro absorbiendo la radiación de 660 nm. y transmiten la radiación rojo lejano inhibiendo la germinación.

Esta adaptación ecofisiológica previene la germinación al “detectar” la semilla el tipo de barreras que tienen que atravesar las plántulas a expensas de las reservas del endosperma hasta llegar a la luz y poder sobrevivir fototróficamente independiente.

En general las especies latifoliadas, y de tamaño de semilla pequeño, para asegurar la sobrevivencia de la especie tienen requerimientos estrictos de luz, como exigencia para germinar, razón por la cual su germinación es menor debajo de los rastrojos.

El rastrojo, como ya fue mencionado reduce la temperatura y atenúa la amplitud de temperaturas entre el día y la noche que se registra en la superficie del suelo.

La temperatura es uno de los factores abióticos promotores de la germinación más importantes. En el aspecto agronómico, en los ecosistemas agrícolas, el conocimiento de las temperaturas cardinales, temperaturas por encima o por debajo de las cuales la germinación no ocurre, es fundamental para los estudios de determinación de flujos de emergencia durante el año agrícola y para predecir la ocurrencia de reinfestaciones, después de realizadas las prácticas de control.

En los sistemas con laboreo mayores alternancias de temperatura se registran en la superficie, diluyéndose las diferencias en la profundidad del perfil del suelo

Las semillas también tienen capacidad para detectar los cambios de las temperaturas y germinan cuando las alternancias son marcadas “percibiendo” su posición próxima a la superficie.

El rastrojo en superficie absorbe la radiación calórica disminuyendo las temperaturas y determinando que las fluctuaciones térmicas sean menores.

Las exigencias de temperaturas alternadas de muchas semillas de malezas, es una característica adaptativa fundamental en especies que producen semillas pequeñas. A mayor profundidad de emergencia se consumen más reservas de la semilla para alcanzar la superficie del suelo antes de iniciar la fotosíntesis, condicionando el éxito del establecimiento de la plántula a las reservas contenidas en la semilla. En condiciones naturales ésta es una causa importante de mortandad de plántulas.

Esta característica ecofisiológica está presente en muchas especies de malezas latifoliadas razón por la cual también suelen germinar menos debajo del rastrojo.

En relación a los contenidos de materia orgánica en superficie, es característico en los sistemas en directa el enriquecimiento en la superficie del suelo de los niveles de

materia orgánica, lo cual determina mayor contenido de nitratos favoreciendo la germinación y posterior implantación de gramíneas.

Con respecto a la compactación superficial del suelo, en sistemas de directa se ha diagnosticado este tipo de situaciones debido al aumento de la densidad global al disminuir el volumen de macroporos.

Esta compactación superficial limita el establecimiento de las malezas en siembra directa, ya que sus semillas quedan en superficie y la sobrevivencia de la plántula depende de la habilidad de la radícula para penetrar en el suelo.

Las gramíneas anuales como el raigras presentan radículas finas y flexibles que penetran más fácilmente en el suelo, a diferencia de las que caracterizan a muchas especies de malezas latifoliadas que son más gruesas y rígidas lo cual les dificulta arraigarse.

Así, en sistemas de siembra directa en respuesta a estos cambios disminuye la diversidad, frecuencia y densidad de especies de malezas latifoliadas, al no satisfacerse sus requerimientos estrictos de luz y alternancia de temperaturas para la germinación, y presentar características morfológicas que no se adaptan tan bien a estos sistemas.

Entretanto aumenta la frecuencia, densidad y biomasa de gramíneas como el raigras dadas sus características morfológicas y ecofisiológicas que conllevan a su predominio en los sistemas de siembra directa, ya sean en la etapa cultivos como pasturas, en definitiva respuestas adaptativas al ambiente que han determinado la persistencia de esta espontánea en los campos naturales.

En consecuencia en sistemas de siembra directa, es dable esperar que en respuesta a los cambios en las prácticas agronómicas sea mayor la incidencia de gramíneas anuales.

Así, los cultivos de invierno evolucionan a una mayor presencia de raigras, especie espontánea, invernal, que mantiene un flujo anual de semillas que asegura la persistencia de la especie.

En cultivos de verano en la etapa agrícola los nichos dejados por las malezas de hoja ancha son sistemáticamente ocupados por gramíneas como *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa spp* lo cual conlleva al predominio de sus poblaciones en las comunidades florísticas.

Algunas definiciones básicas

La intensificación agrícola asociada al uso masivo de herbicidas trae aparejado una serie de efectos en las comunidades florísticas que determina la adecuación de la terminología empleada a esta nueva situación, por ello es necesario precisar una serie de definiciones.

Inversión de flora: modificación de la frecuencia y densidad de las especies de malezas en un área determinada en respuesta a las prácticas agrícolas, es especialmente impactante cuando se emplean herbicidas durante varios años

Tolerancia: Capacidad hereditaria natural en todas las poblaciones de una especie de maleza o cultivo para sobrevivir o reproducirse después de la aplicación de un herbicida.

Resistencia: capacidad hereditaria natural de algunos biotipos dentro de una población para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de un herbicida que, bajo condiciones normales de uso, controla eficazmente a esa población.

Resistencia múltiple: ocurre cuando un biotipo de malezas tiene un mecanismo de resistencia que determina que no sea controlada por diferentes herbicidas que presentan el mismo mecanismo de acción.

Resistencia cruzada: ocurre cuando un biotipo de maleza tiene uno o más de un mecanismo de resistencia que determinan que no sea controlado por herbicidas de mecanismos de acción diferentes.

Biotipo: grupo de plantas de una especie que presentan identidad para un determinado carácter; como ser resistencia a un determinado herbicida

Población: conjunto de individuos de una especie de maleza que invaden un área.

La intensificación agrícola y la presión de selección impuesta por el glifosato

La presión de selección de un herbicida es el efecto del tratamiento químico sobre el conjunto de malezas infestantes y por el cual se van seleccionando biotipos resistentes.

La intensidad de la presión de selección depende principalmente de la frecuencia de uso, de la eficiencia del producto, de la dosis y de las características biológicas de la maleza.

La Misión de Expertos Malherbólogos del INIA España en Junio de 2000 concluía que las actividades en la Zona de Mercedes, donde los cultivos anuales representan un mayor % del uso de la tierra frente a la ganadería extensiva, se cultiva gran número de hectáreas con el "Sistema de SD" presentan un elevado uso de herbicidas totales, este problema se acrecienta cuando en esas mismas parcelas se ha introducido la soja transgénica RR y se apuntaban dos a tres tratamientos al año sobre las mismas áreas. Asimismo destacaban, que en esta situación la inversión de flora será un problema a corto plazo y a mediano plazo el riesgo de la aparición de ecotipos de malas hierbas resistentes a estos herbicidas es elevado.

La inversión de flora resultado de los cambios en las prácticas de labranza de los sistemas agrícolas fue analizado en líneas precedentes, destacándose la evolución de comunidades multiespecíficas con predominancia de especies latifoliadas en los sistemas bajo laboreo, hacia una mayor presencia de gramíneas en los sistemas sin laboreo.

Con relación al riesgo de aparición de ecotipos resistentes a glifosato la presión de selección ejercida por el glifosato va a ser mayor en la medida que además de las aplicaciones para el control de rastrojos y mantenimiento de barbechos limpios, la soja aparece como una constante en la rotación agrícola y se incorporen a la rotación nuevos cultivos transgénicos como el maíz.

Las especies que van a sobrevivir en esta situación son especies tolerantes a glifosato, así como malezas de flujos de emergencias escalonados que escapan a las

aplicaciones tempranas del herbicida y que tienen condiciones de completar su ciclo aún sometidas a una fuerte presión de competencia impuesta por los cultivos cuyos ciclos acompañan.

Sin embargo estas situaciones pueden ser controladas en la medida que su grado de interferencia lo justifique.

La posible ocurrencia de biotipos resistentes a glifosato en nuestras condiciones como destacan los especialistas españoles debe ser analizada en el contexto mundial.

El riesgo de ocurrencia de resistencia a glifosato

El herbicida glifosato se introdujo al mercado en el año 1974 y el primer caso de ocurrencia de resistencia fue reportado en 1996, habían transcurrido 22 años, no obstante en otros herbicidas la detección de la resistencia fue con significativamente menos años de uso como se visualiza en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Año de introducción de Herbicidas y Año de constatación de resistencia

Herbicida	Año de Introducción	Año de primera resistencia	Años de uso transcurridos	País donde se detectó la resistencia
2.4 D	1948	1957	9	USA y Canadá
Triazinas	1959	1970	11	USA
Paraquat	1966	1980	14	Japón
Glifosato	1974	1996	22	Australia
Sulfonilurea	1982	1984	2	Australia

Asimismo es el herbicida que tiene menores reportes de resistencia, y sin embargo es el herbicida de mayor venta a nivel mundial con un uso intensivo determinado por aplicaciones sucesivas por año y durante años.

Luego del primer caso de resistencia de *Lolium rigidum* reportado en Australia en 1996, más recientemente se sumaron *Eleusine indica* en Malasia, *Conisa canadiensis* en USA, *Conisa bonariensis* y *Plantago lanceolata* en Sudáfrica y *Lolium multiflorum* en Chile y Brasil.

El glifosato sería el herbicida con el cual se estaría ejerciendo la mayor presión de selección a nivel mundial determinada por las mayores áreas de aplicación, la frecuencia de uso y la eficiencia del producto, sin embargo como se señaló son seis las malezas en seis países, a diferencia de otros herbicidas que presentan infinidad de referencias de ocurrencia de resistencia.

Esta situación marcadamente diferencial estaría denotando que el glifosato ejerce menor presión de selección comparativamente con otros herbicidas y serían algunas de sus características bioquímicas, químicas y biológicas las que explicarían este comportamiento.

En este sentido se debe destacar que es el único herbicida con ese modo de acción y que no tiene efecto residual. Asimismo, la susceptibilidad de las malezas está determinada por variados mecanismos fisiológicos interactuantes los que determinan su

eficiencia de control y además los ecotipos sobrevivientes tiene baja adaptabilidad ecológica lo cual determina una pobre capacidad de sobrevivencia.

La intensificación agrícola y el riesgo de resistencia

En Uruguay en el actual contexto de intensificación agrícola con los antecedentes de resistencia de *Lolium multiflorum* reportados en Brasil y en Chile en sistemas de producción con similitudes a los nuestros debemos enfatizar en la comprensión de los procesos que nos permita prevenir la ocurrencia de resistencia de esta gramínea a glifosato.

En general se acepta que la resistencia de una especie de maleza esta siempre presente en una población aunque en baja frecuencia, por lo cual debemos prevenir la ocurrencia de resistencia.

En nuestras condiciones existen una serie de características predisponentes en el raigras para la ocurrencia de resistencia: varios flujos de emergencias en el año, lo cual determina marcadas diferencias en longitud de su ciclo, viabilizando una abundante producción de propágulos reproductivos, que ven favorecida su germinación por la cama de siembra de los sistemas de directa, dadas por condiciones favorables de humedad debajo del rastrojo para la germinación y el establecimiento de las plántulas y mayor contenido de nitratos en superficie que también promueven su germinación y el crecimiento inicial. Otra característica intrínseca y no menos importante es la variabilidad genética de la especie determinada por su condición de espontánea y de alógama.

Sin embargo, a nivel predial debería constatarse si en los últimos tres o cuatro años la eficiencia del control fue buena y no se detectaron plantas aisladas o manchones sin control denotando que la resistencia no se estaría evidenciando.

Si se han evidenciado problemas de control, una medida inmediata sería controlar las plantas de raigras en estadios iniciales de crecimiento ya que en los estudios que se están llevando adelante en Río Grande del Sur señalan que cuanto más avanzado el estadio fenológico mayor dificultad existe en el control y dosis mayores de glifosato son necesarias.

Asimismo se debería complementar el control realizando rotación con otros herbicidas, evitar la contaminación de semillas proveniente de esa área con resistencia a otras zonas, sembrar raigras susceptible en el área afectada e identificar y monitorear los focos de resistencia.

Todas estas medidas deben ser avaladas por un especialista a efectos de confirmar la ocurrencia de resistencia.

La resistencia a herbicidas se puede prevenir y manejar

La clave para prevenir la resistencia consiste en combinar tácticas que disminuyan la presión de selección.

Así, la selección y manejo adecuado de los herbicidas es parte de una tecnología de control que implica aplicación de la dosis adecuada, ya que las sobredosis imponen mayor presión de selección y aceleran la evolución de resistencia. Entretanto las dosis bajas resultan en menor mortalidad, por lo que los individuos con resistencia intermedia logran sobrevivir y evolucionan mas rápidamente hacia poblaciones resistentes.

Es clave también la rotación y mezclas de herbicidas que implica necesariamente que deben poseer modos de acción y metabolismo diferentes, que puedan evitar o retrasar la evolución de la resistencia.

Las características deseables de los componentes de las mezclas de herbicidas para el manejo de la resistencia serían que controlaran las mismas especies de malezas. persistencia similar, sitio de acción diferente y que sean degradados por mecanismos distintos.

No obstante, es necesario resaltar que cuando se confirma la resistencia a un herbicida debe valorarse seriamente su eliminación

Conclusiones

En los sistemas de siembra directa existe una reducción en la diversidad de especies de malezas que integran las comunidades florísticas evolucionando hacia un predominio de gramíneas anuales que se va acentuando en la medida que el sistema tiene mas años de establecido.

En estos sistemas la intensificación agrícola también reduce la biodiversidad florística ya que la etapa de pasturas es clave para la germinación y el establecimiento de especies latifoliadas.

La intensificación agrícola así como la introducción de cultivos resistentes a glifosato implican una mayor presión de selección con inversión de flora hacia especies tolerantes a glifosato a lo cual se suma el riesgo de ocurrencia de resistencia de malezas a herbicidas.

Consideraciones finales

La intensificación agrícola asociada a la siembra directa, las características de las malezas y la presión de selección impuesta por los herbicidas condicionan procesos evolutivos en las especies cuya comprensión es fundamental para implementar las técnicas de manejo a utilizar para prevenir la ocurrencia de resistencia.

Es importante resaltar que aunque la estrategia de prevención cuesta significativamente menos que el manejo de una resistencia declarada, no es un fenómeno que inviabilice el control químico pero que si exige extremar la racionalización en el manejo de las malezas

Bibliografía

Espinosa, N; Cerda, C.; Díaz S, J.; Mera K., M. 2003. Primer biotipo de Ballica (*Lolium multiflorum* Lam) chileno con resistencia múltiple a herbicidas. In Congreso Latinoamericano de Malezas (16, Colima, México, 2003). In Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza (24, Colima, México, 2003).p.393.

FAO. 2004. Evaluación de riesgos ecológicos de los cultivos resistentes a herbicidas e insecticidas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Taller regional 17-20/2/2004. [un CD ROM].

- Labrada, R. 2004. Procedimientos para la prevención de entrada de especies de malezas exóticas y problemas relacionados con la resistencia a herbicidas. In Prevención de malezas exóticas y resistencia a herbicidas, Seminario. INIA Serie de Actividades de Difusión no. 354. p.1-9
- Perez, A. & Kogan, M. 2003. Glyphosate – resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards Weed Research 43:12-19.
- Taberner, A. 2000. Las resistencias a herbicidas en España. Situación actual. In Evaluación de la Importancia de las malezas resistentes a herbicidas en Uruguay y España, Seminario (La Estanzuela, junio 2000).
- Tocchetto, S.; Christoffoleti, P.; Marochi, A.; Galli, A.; López-Ovejero, R. 2004. Resistencia da planta daninha azévem (*Lolium multiflorum* Lam). Ao herbicida glyphosate na região sul do Brasil. Ciencia das plantas daninhas: boletim Informativo 10:supl.p.269.
- Zaragoza, C. Procedimientos agronómicos de prevención o control de la resistencia a los herbicidas. In Evaluación de la Importancia de las malezas resistentes a herbicidas en Uruguay y España, Seminario (La Estanzuela, junio 2000).
- Weed Science. International survey of herbicide resistant weeds. Disponible en <<http://www.weedscience.org/in.asp>>.Consulta el 28 de julio de 2004

Sostenibilidad económica de los sistemas mixtos y de agricultura continua

Enrique Fernández¹
Bernardo Andregnette²

Introducción

El advenimiento y rápida adopción en la última década de sistemas de agricultura sin laboreo ha provocado cambios profundos en la agricultura uruguaya, tanto en aspectos tecnológicos como estructurales. El tradicional modelo agrícola-ganadero o mixto casi universalmente aceptado en el litoral agrícola, se ve hoy cuestionado ante la especulación de que la tecnología de siembra directa (SD) permitiría migrar hacia sistemas de agricultura continua. Esta posibilidad se ve alentada por una fase al alza de los precios de los granos, en particular de la soja y de la introducción de variedades específicamente adaptadas a esta tecnología (resistentes al glifosato).

En general en estos sistemas se relativiza la necesidad de la introducción de una fase de pasturas en la rotación bajo el argumento de que el no movimiento del suelo y la permanencia de los residuos de rastrojos en superficie disminuyen o evita los procesos erosivos, la pérdida de materia orgánica y la pérdida de propiedades físicas entre otros. En este contexto se hace innecesaria la fase ganadera de la rotación y se elimina otra fuente de problemas en la medida que se evita la compactación de suelo por pisoteo y su efecto sobre los cultivos agrícolas siguientes.

Sin pretender discutir los argumentos técnicos y científicos que hacen a las razones esgrimidas para adoptar sistemas de agricultura continua bajo tecnología de SD este trabajo intenta analizar los aspectos económicos de la cuestión. Más allá de la sostenibilidad productiva de estos sistemas y de los recursos naturales sobre los que se asientan, aspectos no menores, intentamos analizar su sostenibilidad económica a la luz de la información con la que contamos hasta el presente.

Metodología

Se definieron sistemas de rotación con agricultura continua y con alternancia con pasturas a efectos de analizar su comportamiento económico en referencia a precios promedio históricos. Se ajustaron distribuciones para precios de granos y de ganado, al igual que para rendimientos de cultivos de manera de poder abordar un análisis de riesgo en términos de la variabilidad de cada unos de ellos en el largo plazo. Estas rotaciones fueron luego combinadas en una estructura predial con diferentes tipos de suelos.

En primera instancia se definió un predio tipo del litoral con tres tipos de suelos:

- (a) Un suelo de muy buena calidad en términos de estructura y fertilidad, como de localización topográfica que permitiría abordar un sistema de agricultura continua en SD. Este suelo ocupa el 55% del área del predio.

¹ Ing. Agr., MSc, INIA La Estanzuela

² Ing. Agr., Coordinador Técnico FUCREA

- (b) Un suelo de tipo más marginal para la agricultura en virtud de su localización topográfica y menor fertilidad y capacidad de retención de agua, que permitiría la realización de ciertos cultivos agrícolas pero con la necesidad de una rotación mínima con una fase de pasturas. Este tipo de suelos ocupa el 20% del área del predio.
- (c) Por último un área remanente de suelos no aptos para agricultura. Estaría constituida por suelos bajos y áreas de cristalino superficial. Esta área es el 25% del predio.

Para cada una de las áreas con aptitud agrícola se definieron rotaciones en agricultura continua, si los suelos lo admitían, y alternativas en rotación con pasturas. El cuadro 1 muestra las rotaciones diseñadas.

Cuadro 1. Alternativas de rotación estudiadas

Área	Rotación						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	
(a)	1	Trigo/Soja 2^a	Maíz	Soja			
	2	Trigo/Gir.2 ^a	Soja	Maíz			
	3	Trigo/Soja 2 ^a	Maíz	Av.Cob./Soja			
	4	Trigo/Soja 2^a	Maíz	Trigo	Trigo+PP	PP2	PP3/Soja
(b)	1	AvenaP/Sorgo	Trigo/Gir. 2^a	Trigo+PP	PP2	PP3	
	2	AvenaP/Sorgo	Trigo/Gir. 2 ^a	Trigo+PP	PP2	PP3	PP4
(c)	1	Campo Natural					

Cada una de las rotaciones dentro de un área representa una alternativa. Mediante el uso de una aplicación de Programación Lineal diseñada para optimizar la combinación de rotaciones y actividades ganaderas maximizando el Margen Bruto (Modelo de Decisión GIPROCAR, FPTA INIA-FUCREA) se determinó la mejor alternativa desde el punto de vista económico para cada área y para cada sistema de producción. Las alternativas seleccionadas están señaladas en negrita en el cuadro 1. El sistema que llamaremos “agrícola-ganadero” desarrolla la rotación 1 en el área (a) y la rotación 1 para los suelos (b) y CN en (c). El sistema que llamaremos “ganadero-agrícola” desarrolla la rotación 4 para los suelos (a) e iguales alternativas que el anterior para los suelos (b) y (c).

En la fase pastoril se estudiaron tres alternativas de engorde de animales que el sistema de programación lineal selecciona en la combinación más apta para la disponibilidad de pasturas y desde el punto de vista económico (Cuadro2).

Cuadro 2. Actividades ganaderas consideradas

Actividad	Raza	Peso Entrada	Peso Salida	Fecha Entrada	Fecha Salida
AG1	MHe	150	430	1-Jun	30-Ago
AG2	MHe	150	450	1-Jun	27-Nov
AG3	MHe	150	470	1-Jun	28-May

Todos los costos de las actividades agrícolas y ganaderas, insumos y servicios, fueron definidos a precios de la zafra 2003/2004 y se mantuvieron incambiables durante todo el proceso.

A los efectos de estudiar la variabilidad de los sistemas ante variaciones de precios de los productos y rendimientos de cultivos y pasturas, se utilizó un programa de riesgo (@Risk, Palisade Corp.) que permite mediante el uso de distribuciones de probabilidad de las variables de interés, obtener una distribución de probabilidad de ocurrencia de una o más variables fijadas como objetivo. Esto se realiza mediante la técnica de muestreo por Monte Carlo y la corrida de un número muy alto de simulaciones. Este programa determina los valores de los percentiles de la distribución y su desvío estándar.

Se determinaron distribuciones de tipo Uniforme para los precios de los granos, con mínimos y máximos de acuerdo a los ocurridos en los últimos 15 años para los llamados meses de zafra. Se adoptó esta distribución ante la realidad que estos precios se fijan a nivel interno por la paridad de importación, y en el largo plazo todos tienen igual probabilidad de ocurrencia.

Para los precios de terneros y novillos se adoptaron distribuciones de tipo Normal de acuerdo a lo sucedido en los últimos 15 años. Si bien el precio del novillo se ha regido cada vez más por el mercado internacional, el hecho de que casi el 50% de la producción se comercializa en el mercado interno y la ausencia de importaciones importantes ha determinado una mayor frecuencia de los precios en torno a la media del período y menor frecuencia de precios extremos. En la visión de largo plazo se estima que las cuestiones de seguridad sanitaria y otras estructurales seguirán manteniendo baja la presencia de productos externos.

Para los rendimientos de cultivos se obtuvieron datos del Programa Nacional de Evaluación de Cultivares del INIA (Cerreta, S. y Castro, M.) en referencia a los promedios de rendimiento de los ensayos nacionales por época de siembra. Así se determinó la variabilidad de rendimientos y su distribución. Esta variabilidad fue aplicada a la media de rendimientos esperados bajo condiciones de producción obtenida de informantes calificados vinculados al asesoramiento agrícola, construyéndose así las distribuciones de probabilidad de tipo Normal truncada para evitar rendimientos menores a cero.

Para ambos sistemas se simularon situaciones bajo distintos niveles de producción de pasturas, 20 y 30% por encima y por debajo de la media de producción esperada.

Se tomaron en cuenta las correlaciones existentes entre rendimientos de cultivos; entre precios de cultivos; entre precios de ganado de agosto, noviembre y mayo; y entre precios de novillo y de ternero de manera de acotar el muestreo aleatorio de las distribuciones de probabilidad.

La variable objetivo a estudiar fue el Margen Bruto (MB), entendido como la diferencia entre Producto Bruto y Costos Directos. Esto implica que no se consideran Costos fijos o de estructura.

Resultados

Los cuadros 3 y 4 muestran los resultados individuales de la media de MB y su coeficiente de variación (CV) para las rotaciones con agricultura pura y las rotaciones mixtas, en la situación sin cambio en la producción de pastura.

Cuadro 3. Indicadores para las rotaciones 100% agrícolas

	Rotación (a) 1	Rotación (a) 2	Rotación (a) 3
MB (U\$S/ha)	243	208	206
CV (%)	31	25	35
Prob. (MB≤100)(%)	1.2	1.5	7.1
S. Pastoreo (%)	0	0	0
S. Agrícola (%)	100	100	100

Cuadro 4. Indicadores para las rotaciones agrícola-ganaderas

	Rotación (a) 4	Rotación (b) 1	Rotación (b) 2
MB (U\$S/ha)	219	188	181
CV (%)	22	25	30
Prob. (MB≤100)(%)	0.3	2.9	7.7
Carne (kg/ha SP)	480	452	423
Carga (kg PV/ha SP)	641	622	565
S. Pastoreo (%)	27	55	61
S. Agrícola (%)	73	45	39

Las rotaciones más agrícolas tienden a tener un MB superior y un leve incremento en el CV del mismo probablemente determinado por la mayor volatilidad de los precios agrícolas en relación a los ganaderos en el período que se considera. En las rotaciones agrícolas y mixtas con soja, la variabilidad en el precio de la soja y en el precio del trigo son los determinantes básicos del mayor CV del MB, en tanto en las rotaciones sin soja ((b)1 y (b)2) son la variabilidad en el precio del novillo de agosto y en el precio del trigo. La probabilidad de obtener un MB menor a U\$S 100, valor que se estimaría como necesario para cubrir retiros y costos fijos, resulta muy baja en cualquiera de las rotaciones, con leves incrementos que acompañan los cambios en el CV del MB.

La combinación de estas rotaciones en una estructura predial de acuerdo a lo definido anteriormente arroja los resultados que se muestran en el cuadro 5. Los indicadores adoptan valores medios entre los mostrados para las rotaciones individuales manteniendo una leve superioridad en el MB para el sistema con mayor proporción de agricultura.

Cuadro 5. Indicadores para los sistemas agrícola-ganadero y ganadero-agrícola

	Sistema Agrícola-Ganadero	Sistema Ganadero-Agrícola
MB (U\$S/ha)	192	184
CV (%)	24	24
Prob. (MB≤100)(%)	1.7	3.6
Carne (kg/ha SP)	241	325
Carga (kg PV/ha SP)	379	434
S. Pastoreo (%)	36	51
S. Agrícola (%)	64	49
(a) 1 (%)	55	0
(a) 2 (%)	0	55
(b) 1 (%)	20	20
(c) (%)	25	25

Consideraciones finales

En un análisis económico y de riesgo considerando una perspectiva de largo plazo:

- Las rotaciones agrícolas presentan MB superiores a aquellas con combinación de cultivos y pasturas con una leve tendencia a tener un CV superior.
- Los principales factores determinantes de la variabilidad en las rotaciones estudiadas son el precio de la soja, el precio del trigo y el precio del novillo de agosto.
- La simulación de situaciones de disminución de la producción de forraje produce disminuciones en el MB y aumentos en su CV, en tanto aumentos en la producción producen el resultado inverso.
- La combinación de estas rotaciones en una estructura predial de acuerdo a la aptitud y capacidad de uso de los suelos produce un efecto amortiguador en los indicadores económicos y de riesgo al igual que sucede en una rotación mixta.

El análisis presentado en este trabajo considera una situación incambiada en cuanto al rendimiento de los cultivos en las rotaciones con agricultura continua con SD en una tendencia de largo plazo. Si estos siguieran un comportamiento decreciente como el verificado en el caso de las rotaciones de agricultura continua con laboreo en numerosos trabajos, sin duda se verificaría una disminución progresiva de su MB y un incremento del CV del mismo.

Agricultura y ganadería: ¿competencia o complemento? ... una visión desde la ganadería.

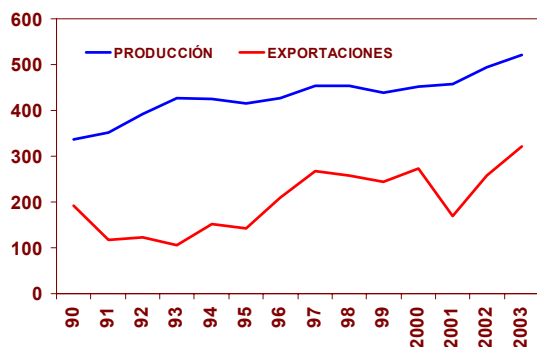
Ing. Agr. Juan I. Lema
Ing. Agr. Gonzalo Muñoz
Ing. Agr. Juan Peyrou
Ing. Agr. Marcelo Ilundain

Introducción

Durante la década pasada la ganadería creció a tasas acumulativas anuales del 3%. Cambios en las políticas públicas, expectativas generadas en los mercados libres de aftosa, entre otros factores, indujeron a cambios estructurales del sector primario que redundaron en la mejora de varios indicadores tecnológicos y en los volúmenes de exportación (gráfico 1)

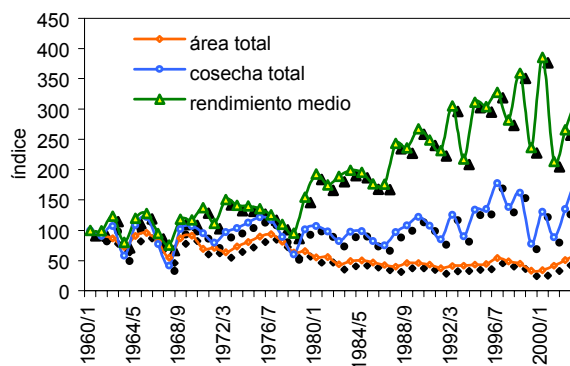
Por su parte, la agricultura de secano también evidenció sensibles incrementos de la producción, fuertemente asociados fundamentalmente al aumento de la productividad de los cultivos.(gráfico 2)

Gráfico 1. Producción y exportaciones de carne vacuna (miles de toneladas peso carcasa)
(Índice base 79/80=100)



Fuente : OPYPA, INAC

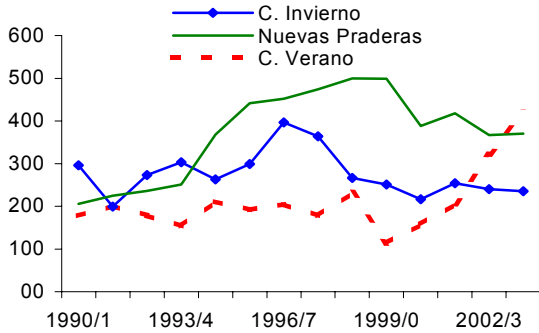
Gráfico 2. Agricultura de secano, evolución del área, producción y rendimiento



Fuente: DIEA-MGAP

La importante inversión en mejoramientos forrajeros durante la década de los 90` – proceso que se revierte a fines de la misma - afectó favorablemente al crecimiento de la ganadería vacuna. Se observa además, que el área de mejoras forrajeras muestra una tendencia similar con la evolución de la superficie de los cultivos de invierno, no así con los de verano (gráfico 3)

Gráfico 3. Superficie de cultivos de invierno, verano y nuevas praderas (miles de has)



Fuente: DICOSE, DIEA-MGAP

En los últimos años se ha constatado, tanto para la ganadería vacuna como la agricultura, una fase de expansión productiva importante. La trascendencia de los cambios observados en la agricultura de secano (crecimiento de 27% del área - neta de cultivos de segunda-, en el período 2001-2003), inducen a un análisis de los posibles impactos sobre la ganadería vacuna.

Metodología

Se plantearon las siguientes hipótesis de estudio:

- ⇒ El incremento de agricultura no tiene efectos en el desplazamiento de la ganadería
- ⇒ El desplazamiento de la ganadería podría afectar la composición del rodeo nacional.
- ⇒ Las variaciones en la composición podrían afectar la eficiencia global de la ganadería.

Para medir aspectos de eficiencia de la producción vacuna, se consideró el modelo desarrollado por el Dr. Pablo Caputi en la consultoría realizada para el Proyecto Ganadero MGAP-BID¹. En la misma se elaboró un modelo que permitió relacionar las actividades de la cría y el engorde con la tasa de extracción, tomado ésta como indicador de la eficiencia global de la ganadería. Se desarrolló una función de producción tradicional donde el “producto” es la tasa de extracción del sistema ganadero, que se puede lograr a través de dos “factores” de producción: el porcentaje de eficiencia reproductiva y la edad media de faena.

La metodología empleada para el estudio de las hipótesis planteadas, consistió en analizar stocks vacunos y mejoramientos forrajeros, utilizando como fuente de información los datos procesados por la Dirección de Contralor de Semovientes (DICOSE) para el período 2001 al 2003, en dos zonas previamente definidas. La “zona agrícola” se entiende como la totalidad del área relevada por la Dirección Nacional de

¹ Caputi, Pablo. “Análisis del desarrollo de la actividad ganadera en Uruguay y sus perspectivas futuras”. Operación UR- 1270 FPP

Estadísticas (DIEA) en la denominada “encuesta agrícola”. La zona denominada “resto” es la diferencia entre la superficie total del país y la “zona agrícola”.

Finalmente se definieron tres subzonas agrícolas (en conjunto corresponden al 100% de la zona agrícola), en función de la intensidad de uso del suelo por agricultura (superficie con agricultura sobre superficie apta¹ para agricultura). La zona I corresponde a la de mayor intensidad de uso y en otro extremo la zona III a la de menor intensidad de uso agrícola.

Análisis y resultados.

El análisis presenta algunas limitantes:

- existen pocos años en base de datos informatizada de las cifras de DICOSE, lo que imposibilita tomar un período más amplio para el análisis
- el período de análisis a su vez esta condicionado por lo reciente del fenómeno agrícola
- el período de análisis coincide con un conjunto de factores exógenos (fiebre aftosa, devaluación, crisis financiera, etc), que generan distorsión en los resultados, limitando de esta forma la capacidad de análisis del objetivo de estudio.
- la limitada cantidad de datos con los que se trabajo no permiten realizar un análisis estadístico del nivel de significancia de las variaciones observadas.

Se analiza la evolución del área agrícola (neta de cultivos de segunda) y de los mejoramientos forrajeros en las dos zonas bajo estudio. Los datos observados son los siguientes (cuadro 1)

Cuadro 1. Evolución del área agrícola y mejoramientos forrajeros.

(miles de hás)	2001	2003	Var. abs	Variación
Agricultura	401	510	109	27%
Zona Agrícola				
Stock M. Forrajeros	1.448	1.438	-10	-1%
Nuevos M. Forrajeros	321	305	-16	-5%
Resto				
Stock M. Forrajeros	1.022	936	-86	-8%
Nuevos M. Forrajeros	210	176	-35	-16%

Fuente: DICOSE, DIEA-MGAP

Una primera observación en base a estos datos (2003/2001), sería que a pesar del sensible aumento del área de agricultura, la evolución de los mejoramientos forrajeros en la zona agrícola, evidencia una variación de igual tendencia pero de menor magnitud que el resto el área evaluada.

Seguidamente se analizó la evolución del stock de vacunos y de novillos en las distintas zonas. En ambas regiones se observa un incremento del stock total, aunque el número absoluto de novillos se mueve en sentido inverso, mientras que en la zona agrícola disminuye un 1%, en la zona restante el incremento es del 3% (cuadro 2).

¹ Se entiende como superficie apta a la suma de las tierras muy aptas y aptas, establecidas por la Dirección General de Recursos Naturales Renovables de la División de Suelos y Aguas del MGAP.

Cuadro 2. Variación del stock en valor absoluto (2003/2001)

2003 vs. 2001	Variación en valor absoluto		
	Total	Agrícola	Resto
Stock Total	9%	8%	9%
Novillos	1%	-1%	3%

Por otra parte, la participación del stock de vacunos de la zona agrícola (estimado como el cociente entre el stock de vacunos de la zona agrícola y el stock total del país) cae un 1%, mientras los novillos descienden un 2% (como efecto directo de una reducción de la participación de las categorías más jóvenes) (cuadro 3)

En el resto del área evaluada, se evidencia el comportamiento inverso, el stock de vacunos aumenta su participación un 1%, mientras que la participación de novillos crece un 2% (como resultado de un aumento significativo de las categorías jóvenes). Como ya se mencionó la baja cantidad de observaciones que se cuenta impide determinar la existencia de diferencias significativas entre las cifras.

Cuadro 3. Variación en la participación del stock por zonas (2003/2001)

2003 vs. 2001	Stock ZA/ Stock País (03/01)	Stock Resto/ Stock País (03/01)
Stock Total	-1%	1%
Novillos	-2%	2%
Nov/Vcría		
Novillos +3	6%	-2%
Novillos 2-3	-5%	4%
Novillos 1-2	-5%	5%
Vacas cría	0%	0%
Vacas inv.	5%	-3%
Terneros	2%	-1%

Con respecto a la participación del stock vacuno cabría señalar una leve tendencia de incremento de la participación del stock vacuno y preferentemente de novillos de las categorías más jóvenes, en la zona denominada “resto”. Por otra parte la disminución del número de novillos de la zona agrícola, lleva a un incremento porcentual de la cría en ésta, lo que se observa a través del indicador novillos sobre vacas de cría.

Al no encontrarse evidencia claras de la expansión agrícola sobre la ganadería – si bien existirían algunos indicios, como se mencionó en los párrafos anteriores- , se profundizó en el análisis procediendo a evaluar el comportamiento de los datos dentro de la zona denominada agrícola, en las tres subzonas definidas anteriormente. Los resultados se observan en los cuadros 4 y 5.

Cuadros 4. Variación de los mejoramientos forrajeros (2003/2001) en las tres subzonas agrícolas.

Mej . Forr .	Z I	Z II	Z III
Total	-6%	-1%	1%
PP	-5%	5%	8%
C. Mej .	26%	4%	9%
NMF			
Total	-16%	-5%	1%
PP	-20%	-7%	-1%
C. Mej .	6%	19%	10%
CFA	-28%	-21%	-34%

Cuadros 5. Variación del stock vacuno (2003/2001) en las tres subzonas agrícolas.

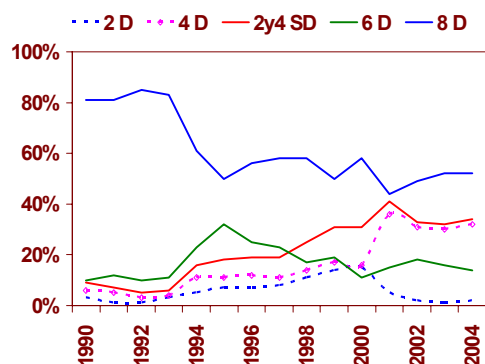
Stock	Z I	Z II	Z III
Total	-2%	2%	13%
Novillos	-8%	-10%	6%
N+3	-18%	1%	0%
N 2 -3	-10%	-15%	-2%
N 1 -2	-5%	-9%	15%
VC	2%	3%	10%

Se destaca un comportamiento diferencial entre las zonas de menor y mayor uso agrícola. En la zona de mayor uso (Z I), se observa una reducción de los mejoramientos forrajeros relacionada en su mayoría con una caída en la siembra de praderas, así como en el stock total de vacunos vinculado a un descenso en la cantidad de novillos (principalmente adultos). En la zona de menor intensidad de uso agrícola se evidencia el comportamiento inverso.

Según los datos analizados para el período en cuestión, podría deducirse cierto desplazamiento de la ganadería vacuna desde las zonas de mayor intensidad de uso agrícola, hacia las de menor intensidad de uso, así como al resto del país.

Un último aspecto analizado fue la composición de edades de novillos como indicador más próximo de la edad de faena. Una evidencia previa a éste estudio es que la edad promedio de faena cayó sustancialmente en la década de los 90`, tendencia que presenta un pequeño quiebre posterior a la reaparición de la fiebre aftosa en 2001 (gráfico 4)

Gráfico 4. Evolución de la edad de faena (como proporción del stock de novillos)



Fuente: INAC

Esta variación de la tendencia incorpora una complejidad adicional al análisis de la incidencia de la expansión agrícola sobre la composición del stock de novillos, ya que los datos del estudio corresponden a la variación 2003 respecto al 2001, año en el cual en el mes de abril se produjo el foco de fiebre aftosa lo que afectó la faena durante algunos meses. (cuadro 6)

Cuadro 6. Variación de la proporción de categorías de novillos en el stock total de novillos

	Zona Agrícola			Resto			Total País		
	2001	2003	Var (%)	2001	2003	Var (%)	2001	2003	Var (%)
Novillos >3	18%	18%	-1%	33%	29%	-12%	27%	24%	-9%
Novillos 2-3	35%	33%	-6%	32%	31%	-1%	33%	32%	-3%
Novillos 1-2	47%	49%	5%	36%	40%	12%	40%	44%	8%
	100%	100%		100%	100%		100%	100%	

Si bien se evidencia un proceso de rejuvenecimiento del stock de novillos en la totalidad del país, este comportamiento es de baja intensidad en la “zona agrícola”, mientras que en el resto del país se observa una tendencia de mayor magnitud en el aumento de las categorías más jóvenes (de 1 a 2 años), así como en el descenso de las categorías adultas.

Un comentario previo al análisis de estos datos, es que la edad de los novillos del stock está íntimamente relacionada a dos factores: la edad promedio de faena (en la medida que se faenan animales más jóvenes aumenta la proporción de los mismos en el stock), y el ingreso de terneros al sistema en función del volumen de nacimientos.

Como puede observarse en el gráfico 4, la edad de faena aumentó en el período 2001 a 2003 como resultado de la menor inversión en mejoramientos. Por consiguiente, este sería un factor contrario al rejuvenecimiento del stock de novillos. Haciendo estas salvedades, una posible lectura de los datos, es que las excelentes pariciones de los últimos años (que se concentran en la zona denominada “resto”, por su vinculación a la cría), sumado a una posible menor demanda de categorías de reposición desde la zona agrícola, habrían determinado un rejuvenecimiento de mayor magnitud en el resto del país.

El comportamiento de la edad de los novillos en el stock en el período 2001-2003 - a diferencia de lo ocurrido en el transcurso de la década pasada -, se vinculó en mayor proporción a la importante oferta de terneros y en menor proporción y con efecto contrario a la evolución de la edad de faena.

Puede inferirse de los párrafos anteriores que no se habrían generado cambios sustanciales en la composición del stock de novillos de la zona agrícola, mientras que las variaciones observadas en el resto del país no se deberían al efecto de la expansión agrícola.

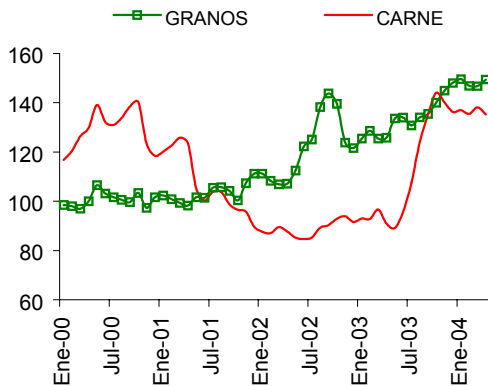
Sin embargo, las leves tendencias constatadas, vinculadas a una posible menor demanda de reposición en las zonas de invernada, así como al posible corrimiento de la ganadería hacia zonas de menor aptitud pastoril - que a su vez disminuye el área de siembras de mejoramientos forrajeros en mayor proporción que la zona agrícola - de ser ciertas, podrían llegar a ser una amenaza de futuro en la tasa de extracción ganadera, si el proceso de expansión agrícola se magnifica y se mantiene en el transcurso de los siguientes años.

En tal sentido y con el fin de avanzar hacia un posible escenario de evolución de ambas actividades, se consideran algunos elementos claves que hacen a la toma de decisiones por parte de los empresarios.

La toma de decisiones de los empresarios agropecuarios, se genera en función de resultados certeros (ingresos netos) y de expectativas (fundamentalmente de precios). Los precios en ganadería y en agricultura han mostrado una tendencia

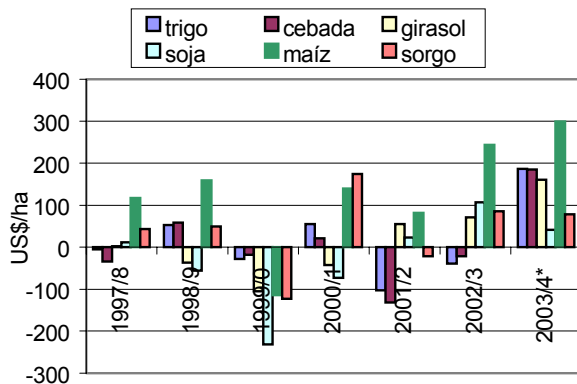
creciente en los últimos años (gráfico 5). Por otra parte los ingresos netos ganaderos y agrícolas han presentado un comportamiento diferencial. Mientras que los ingresos netos ganaderos evidencian una menor variabilidad interanual (coeficiente de variación de entre 21% y 37%) y son siempre positivos, los agrícolas muestran coeficientes de variación que oscilan entre 100% y 1000% entre años (gráfico 6 y 7).

Gráfico 5. Evolución del precio promedio de los granos (FOB Argentina) y de la carne al productor (Índice Enero 1991=100)



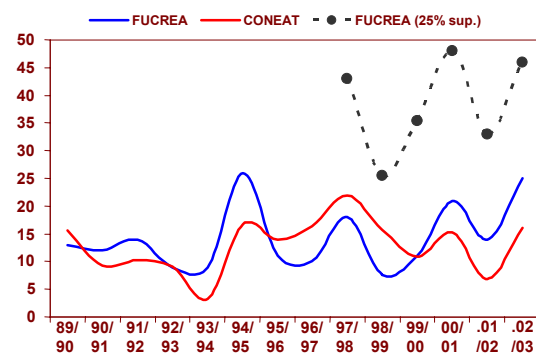
Fuente: INAC, OPYPA

Gráfico 6. Ingresos Netos Agrícolas (USD/ha)



Fuente: OPYPA

Gráfico 7. Ingresos Netos Ganaderos (USD/ha)



Fuente: CONEAT, FUCREA

Frente a esta evidencia, es probable que el factor riesgo sea uno de los determinantes de la toma de decisiones de los empresarios uruguayos a la hora de decidirse por una u otra alternativa productiva. Tal vez en parte esto explique la persistencia del tradicional modelo agrícola con rotación de pasturas para ganadería en Uruguay, además de otros beneficios asociados tal como su efecto positivo en la conservación de los suelos. En esa línea, es probable que la agricultura continua, común en los sistemas de producción argentinos, se asocie a la menor variación en los ingresos netos obtenidos entre años, relacionado esto tanto a factores tecnológicos como climáticos de aquel país.

Es por consiguiente esperable, que de no generarse en la agricultura uruguaya cambios tecnológicos o de gestión del riesgo trascendentes, que permitan mantener los

márgenes de ingresos en los niveles de las últimas 2 zafras (cuadro 7), superiores a los ganaderos - inclusive el del percentil superior de los ganaderos de FUCREA - acumulado a los buenos precios de las últimas zafras; los sistemas mixtos de ganadería y agricultura sigan íntimamente relacionados.

Cuadro 7. Márgenes brutos agrícolas e Ingresos netos ganaderos (US\$/ha)

	Agricultura						Ganadería		
	Trigo	Cebada	Girasol	Soja	Maiz	Sorgo	Coneat	Fucrea	Fucrea 25%
Promedio 97/98 al 03/04	17	9	15	- 25	132	41	14	16	38
Promedio 02/03 al 03/04(*)	74	82	116	74	271	82	11	20	40

(*) Datos ganaderos corresponden al período 01/02-02/03.

Fuente: OPYPA, FUCREA

Finalmente, en base al análisis del presente estudio y de la probable evolución de los sistemas mixtos de producción agrícola ganaderos, las interacciones que eventualmente puedan generarse entre ambas actividades en el corto y mediano plazo, no generarían alteraciones significativas en el desempeño tradicional que ambas actividades han evidenciado en el transcurso de los últimos años.

Conclusiones.

La cantidad de datos manejados no permiten realizar conclusiones significativas del análisis aunque si marcar algunas tendencias; el procesamiento de los datos de DICOSE del presente año aportará más elementos de juicio para seguir con el estudio de la temática.

A pesar del importante incremento del área de agricultura de secano (27%), los mejoramientos forrajeros de la zona agrícola se comportaron con igual tendencia que en el resto del país pero con menor intensidad, lo que de alguna manera no refleja una incidencia clara de la expansión agrícola en desmedro de los mejoramientos dentro de la zona agrícola.

Se evidenciaron algunas tendencias de corrimiento de la ganadería (stock y mejoramientos) dentro de la zona agrícola (desde las de mayor intensidad de uso a las de menor intensidad de uso) y posiblemente también al resto del país.

No se encontró un efecto claro sobre la edad del stock de novillos de la zona agrícola, mientras que la mayor intensidad de rejuvenecimiento del resto del país respondería a factores asociados a la mayor cantidad de terneros en el stock.

La tasa de extracción del país no se vería afectada ya que los cambios registrados son de escasa incidencia y porque las pequeñas variaciones al alza en la edad de faena serían compensadas por la mejora del parámetro de eficiencia reproductiva.

En el supuesto escenario de sostenida expansión agrícola en el corto y mediano plazo, sumado a la creciente participación de agricultores de países vecinos, se generarían interrogantes sobre la interacción agricultura-ganadería y el mantenimiento de la vía de la complementación y no de la competencia. El incremento de cientos de miles de hectáreas de agricultura podría generar impactos sobre la ganadería (Zona I del área agrícola), que hasta la fecha y con las cifras actuales ha mostrado entre una escasa y nula incidencia.