

# SISTEMAS AGRÍCOLAS-PASTORILES: DETERMINANTES DE SU SUSTENTABILIDAD BIOLÓGICA ECONÓMICA Y SOCIAL.

**Oswaldo Ernst**

Departamento de Producción Vegetal.  
Facultad de Agronomía  
Universidad de la República

## Introducción

La agricultura, que en su sentido más amplio incluye la producción de grano y el forraje que es utilizado para la producción animal, siempre genera un impacto ambiental que debe valorarse en el tiempo. La calificación de la sustentabilidad de un sistema de producción tiene implícita la consideración de un factor tiempo, la necesidad de definir los indicadores que se utilizarán y una ponderación de su importancia relativa.

En el informe Brundtland, WCED (1987), se definió al desarrollo sustentable como aquel que satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (Waltner-Toews, 1996). Schiere y Grassman (1996), basándose en el informe anteriormente mencionado, se refieren al desarrollo sustentable, como un proceso de cambio en el cual el uso de los recursos, las inversiones, el desarrollo tecnológico y los cambios institucionales son consistentes con la satisfacción de necesidades presentes y futuras.

Dado lo dinámico que son los procesos productivos y las tecnologías asociadas, se requiere un monitoreo permanente, de manera de conocer la dirección que toma el sistema de producción en el mediano plazo y tomar medidas que mitiguen los efectos negativos y potencien lo positivos.

XX sostiene que los indicadores a utilizar deben ser aquellos que permitan tomar decisiones de manejo correctivas. Para ellos deben ser sensibles al manejo, confiables y tener un significado productivo.

En el presente trabajo se discuten los pasos dados en Uruguay hacia el logro de sistemas agrícolas sostenibles. Para ello se consideraran tres etapas de adopción e implementación de sistemas de producción que integran producción animal y producción de granos y una cuarta etapa, actualmente en proceso, en el que el sistema se vuelve más agrícola.

1. hasta 1970, donde se desarrolló una agricultura en forma continua y sin relación directa con la ganadería y con laboreo convencional
2. década de los 80 en la que la agricultura se realiza dentro de un sistema de rotación de cultivos y pastura en una relación 50/50.
3. décadas de los 90 en la que la agricultura se realiza dentro de un sistema de rotación de cultivos y pastura en una relación 50/50 pero sin laboreo
4. la tendencia actual, en que la relación agricultura/pastura se desplaza hacia la fase agrícola

Para que los cambios implementados a través del tiempo se consideren como más sustentables que el inmediato anterior deberán: (FESLM)

1. Mantener o aumentar los niveles productivos actuales.(Productividad)
2. Reducir el nivel de riesgo (Seguridad)
3. Proteger la calidad y el potencial de los recursos naturales y prevenir la degradación del suelo y agua (Protección)

4. Ser económicamente viable (Viabilidad)
5. Ser socialmente aceptable (Aceptabilidad)

Descriptores, indicadores y fuente de la información utilizada

### **Protección**

- Fertilidad del suelo (cantidad de carbono) (Baethgen, 2003; Díaz Roselló, 1992; Ernst y Siri, 2000).
- Pérdidas de suelo por erosión. (García Préchac, 2003).
- Nitrógeno tonelada<sup>-1</sup> de grano producido en la rotación
- Fósforo tonelada de grano<sup>-1</sup> producido en la rotación
- Nitrógeno fijado utilizado por tonelada de grano en la rotación (Ernst, Siri, Figari 1997; Fernández y La Manna, 2003.)
- \$ gastado en herbicida por tonelada de grano producida. Siri, Figari y Ernst y Siri, 2000; 1998; Fernández y La Manna, 2003.)
- \$ gastado en gas oil por tonelada de grano producida Ernst, Siri, Figari, 1997; Ernst y Siri, 2000; 1998; Fernández y La Manna, 2003.)
- lombrices m<sup>-1</sup> (Castiglioni, Ernst y Siri, 1995; Zerbino y Morón, 2003;)
- No malezas m<sup>-1</sup> (Martínez, Fernández, Ernst, 1991)

### **Productividad**

- Producción de carne ha<sup>-1</sup> producida en la rotación (Fernández y La Manna, 2003.
- Producción de grano de la rotación kg<sup>-1</sup> ( Ernst y Siri, 2000; 1998; Fernández y La Manna, 2003.).

### **Seguridad**

- Coeficiente de variación del margen bruto Ernst, Siri, Figari 1997,; Fernández y La Manna, 2003.).

### **Viabilidad**

- Margen bruto ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Ernst, Siri, Figari, 1997; Fernández y La Manna, 2003).

**Aceptabilidad.** La fuente de información considerada no permite estimar sus indicadores

El aporte a la sustentabilidad se realizó realizando la resta entre el valor del indicador de cada nueva propuesta con relación a la anterior.

Al valor resultante de la diferencia entre los indicadores de cada descriptor, se le asignó un valor entre cero y uno en forma proporcional a un valor meta.

### **Limitantes de la información y del análisis.**

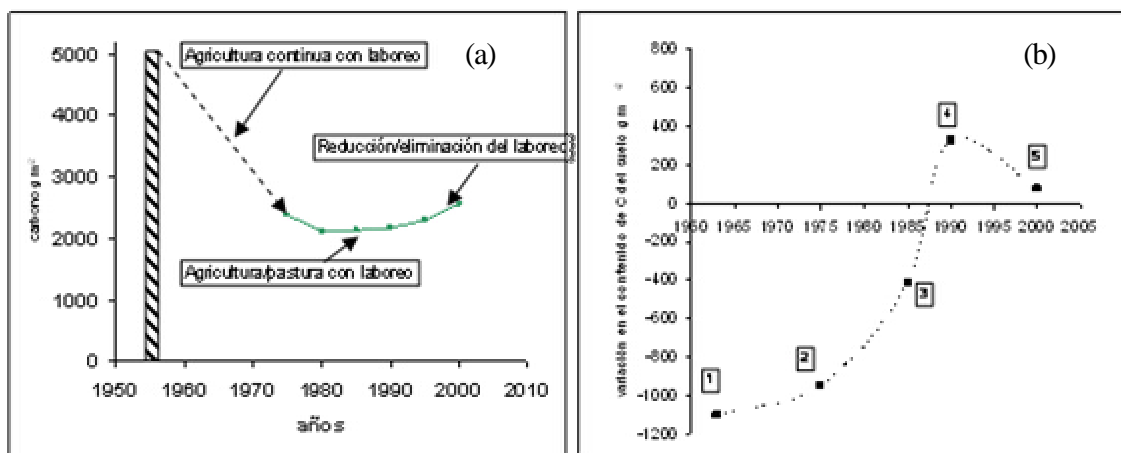
de la información: para la estimación de los indicadores no se utilizó una fuente homogénea de información sino resultados publicados de distintos lugares, de diferentes experimentos y

con distinto nivel de precisión. No se incluyeron Los indicadores que permitan evaluar externalidades de los sistemas evaluados ni indicadores relevantes para evaluar la *aceptabilidad* de las propuestas.

del análisis: no se incluyen una ponderación de los indicadores en función de su importancia relativa, ya sea para la producción, el ambiente o la sociedad.

### El camino hacia sistemas agrícolas ganaderos sostenibles

En la Figura 1 se presenta la evolución en el contenido de carbono del suelo (C) estimada para los cambios en uso y manejo del suelo.



(a). Elaborado en base a: Baethgen, 2003.

(b) Elaborado en base a Díaz-Rosello, 1992 (puntos 1, 2 y 3) y Ernst y Siri, 2000 (puntos 4 y 5).

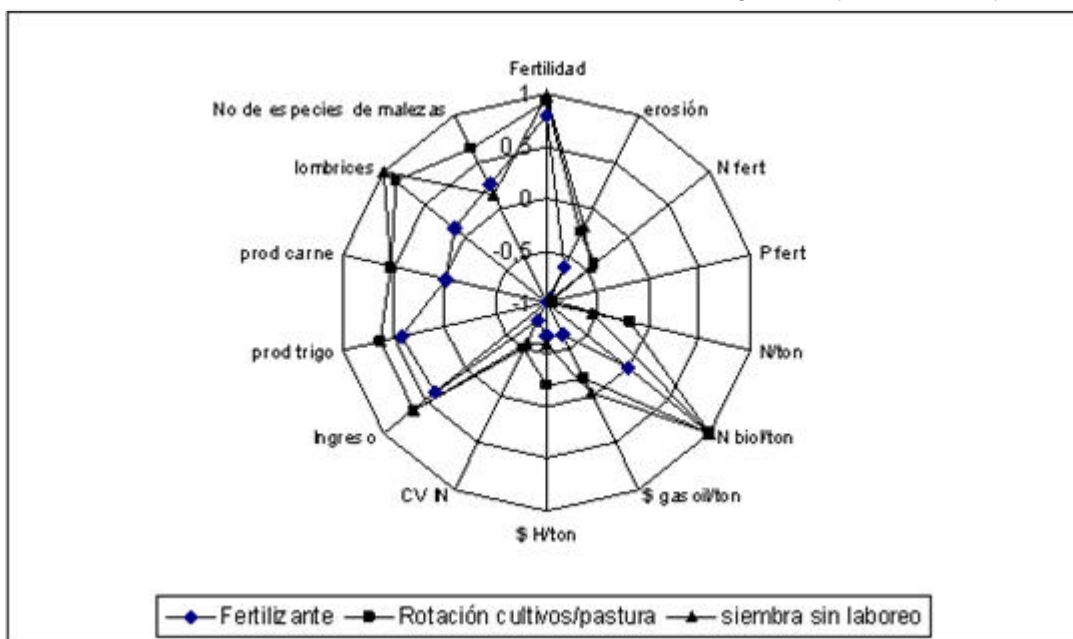
**Figura 1** Cambios estimados en el contenido de carbono del suelo (0-20cm) para las distintas fases de adopción de las propuestas de uso y manejo del suelo en sistemas que incluyen agricultura y ganadería.

En el período agrícola en el que la agricultura se realizó sin fertilización, sin rotación con pasturas y con laboreo convencional se estima que se perdió un 50% del contenido de carbono de los suelos (línea punteada en la Figura 1 a). La implementación de rotaciones de cultivos y pasturas, reducción y posterior eliminación del laboreo ha permitido iniciar un proceso de recuperación de la fertilidad del suelo (Baethgen, 2003), determinado por aumentos en la producción, reducción de las pérdidas de suelo por erosión y menor oxidación de la materia orgánica. En la figura 1b se presenta una estimación de la evolución del contenido de carbono asociado a cambios en las prácticas de uso y manejo del suelo ocurrido en cada período.

El primer punto corresponde a las pérdidas estimadas para el período 1963 y 1975 (a lo que hay que sumarle las ocurridas previo a 1963), el segundo al efecto de fertilizar los cultivos con nitrógeno y fósforo, el tercero al efecto adicional de incorporar pasturas en la rotación, el

cuarto a eliminar el laboreo. El quinto punto corresponde al efecto estimado de implementar esquemas de producción más agrícolas, como los propuestos por XXX que incluyen agricultura para grano en los suelos con alto potencial agrícola y sistemas mixtos en las áreas de menor potencial para la agricultura. En función de este análisis y con las limitantes ya mencionadas, los cambios introducidos en los sistemas de producción del litoral oeste del país, si bien no lograron recuperar las pérdidas determinadas por largos períodos de agricultura con laboreo y sin rotación con pastura, aportaron a una mejora en la fertilidad del suelo y su conservación, destacándose los aportes realizados por las pasturas y la inclusión de la siembra sin laboreo de cultivos y pasturas.

En la Figura 2 se presenta el aporte a la construcción de sistemas sostenibles en función de los indicadores utilizados para evaluar la productividad, seguridad y viabilidad y protección.



Valor 1= valor objetivo para efectos positivos

Valor 0= valor objetivo para reducción de efectos negativos

Valor -1= valor máximo cuantificado en aportes negativos a la sostenibilidad

**Figura 2.** Aporte de la adopción de la fertilización, rotación cultivos pastura y siembra sin laboreo a la implementación de sistemas de producción agrícolas ganaderos sostenibles.

Se destaca el aporte progresivo realizado sobre los indicadores de productividad, y viabilidad. Dentro de los estimadores de la conservación los aportes fueron positivos en conservación del recurso suelo (fertilidad y erosión), necesidades de fertilizante nitrogenado, consumo de energía fósil dentro del sistema y biodiversidad (lombrices). La inclusión de rotación con pasturas resultó positiva sobre la diversidad de malezas y el de la siembra directa negativo, lo que se tradujo en incrementos en la necesidad de herbicidas. El uso de este indicador (\$ gastados en herbicidas por tonelada de grano producida) debe considerarse como negativo como valor absoluto directo pero podría considerarse como positivo ya que es la tecnología necesaria para viabilizar el aporte de la siembra directa que se cuantificó en los indicadores de conservación del suelo.

## Otros indicadores de interés.

La emisión de gases con efecto invernadero del sector agropecuario aumentó entre 1990 y 1998 en los tres gases considerados, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> (Baethgen, 2001). El balance de carbono asociado al cambio en el uso de la tierra para ese período fue favorable a la fijación neta. La emisión neta de CH<sub>4</sub> fue positiva tanto en sistemas lecheros como en los productores de carne al igual que la de N<sub>2</sub>O, fundamentalmente asociada a las actividades agrícolas. La intensificación tanto de la agricultura como la de la ganadería tiende a aumentar las emisiones de ambos. Para el caso de los sistemas agrícolas ganaderos, las emisiones de N<sub>2</sub>O registradas después de cada evento de lluvia, fertilización o laboreo desde el invierno del 2001 en un experimento de larga duración instalado en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) fueron mayores en sistemas agrícolas con laboreo que sin laboreo. Las emisiones menores se determinaron en condiciones de campo natural y los sistemas que incluyen pasturas determinaron menores emisiones que los agrícolas puros (Perdomo *et al.* com.pers.).

## Consideraciones finales

Aun considerando limitaciones determinadas por las fuentes de información y el procedimiento utilizado, los resultados indican que los pasos dados en la generación y el proceso de adopción seguido en los sistemas agrícolas ganaderos del litoral oeste uruguayo significaron aportes crecientes a su sostenibilidad.

Sin embargo, los valores reales pueden diferir de los generados a nivel experimental, ya que tanto la producción lograda como los insumos asignados al proceso muestran una brecha con los utilizados para este trabajo.

Los cambios operados en los últimos tres años muestran un incremento de la actividad agrícola explicado fundamentalmente por el cultivo de soja que se produce a expensas de superficie de praderas sembradas y campo natural. Si bien la mayoría de la superficie se realiza sin laboreo, el monocultivo de soja durante la fase agrícola representaría un serio riesgo para nuestras condiciones de producción.

La aceptabilidad de los cambios propuestos y adoptados no fue considerada, pero es claro que durante el período analizado se redujo el número de explotaciones y aumentó su tamaño. Si bien esto no puede ser directamente atribuido sólo a los cambios tecnológicos descritos, tanto la implementación de sistemas agrícolas-pastoriles como la adopción de la siembra sin laboreo han sido excluyentes de los productores de menor tamaño.

## Bibliografía

- Baethgen, W.2003. Utilización del modelo CENTURY para estudiar la dinámica de carbono y nitrógeno. *En:*. Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas. Serie Técnica No 134 INIA La Estanzuela. pp 9-18.
- Castiglioni,E; Ernst, O; Siri, G. 1995. Relevamiento de fauna de suelo en situaciones de laboreo y siembra directa.Cangue No4. Revista de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. 20-22.
- Díaz Roselló, R.1992. Evolución de la materia orgánica en rotación de cultivos con pastura. *En:* Morón, A; Baethgen, W (eds). simposio: Sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pastura en el Cono Sur. Revista INIA de Investigaciones agronómicas 1: 103-110.
- Ernst, O.; Siri, G.; Figar, M. 1997.Tillage and cropping systems effect oin total grain yields and on gross margin in a Brunosol in Uruguay. *Fragmenta Agronomica* 2a/97. 215-218.

- Ernst, O.; Siri, G. (2000). Impact of crops-pasture rotation with conventional tillage and no till system on soil quality and crops yield in Uruguay. In 15th ISTRO Conference. CD-ROM.
- Fernández, E.; La Manna, A. 2003. Análisis de la sostenibilidad física y económica de rotaciones de cultivos y pasturas. *En: Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas. Serie Técnica No 134 INIA La Estanzuela.* 55-63.
- Fernández, E.; Andregnette, B. 2004. Sostenibilidad económica de los sistemas mixtos y de agricultura continua. *En: Sustentabilidad de la intensificación agrícola en el Uruguay. Actividades de difusión No 365 INIA la Estanzuela.* pp 39-43.
- García Préchac, F. 2003. Propiedades físicas y erosión en los trabajos de larga duración de la Estanzuela. *En: Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas. Serie Técnica No 134 INIA La Estanzuela.* pp19-23.
- Martínez, M; Fernández, G; Ernst, O. 1991. Weed Seed bank in Wheat field. In XII International Plant Protection Congress. Río de Janeiro. Brasil.
- Waltner- toews, D. 1997. Agro - ecosystem health: concept and principles. In Agro Ecosystem Health. Proceedings of a seminar held in Wageningen, September 26th, 1996. Netherlands. pp 9-22
- Zerbino, M.; Morón, A. 2003. Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. *En: Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas. Serie Técnica No 134 INIA La Estanzuela.* pp 45-53.