

# Sustentabilidad de actividades Agrícolas y Ganaderas Bovinas Considerando un análisis Multiobjetivo

Información para Extensión en línea - Nº

8



**INTA** Ediciones

Colección  
DIVULGACIÓN

## Sustentabilidad de actividades Agrícolas y Ganaderas Bovinas Considerando un análisis Multiobjetivo

---

Ghida Daza, Carlos  
[ghidadaza.carlos@inta.gob.ar](mailto:ghidadaza.carlos@inta.gob.ar) .  
Grupo Economía de la EEA INTA Marcos Juárez

*Palabras clave: economía – análisis multiobjetivo – ganadería - agricultura*

### Resumen

Las dos últimas décadas presentaron un incremento en la tendencia hacia la agriculturización centralizada en el monocultivo de soja. Esta evolución se produjo a expensas de otros cultivos y de la reducción de superficie ganadera, afectando el balance entre las distintas actividades. Una forma de evaluar globalmente las distintas producciones es considerar el concepto de sustentabilidad, un indicador integral en el que se analizan, además del aspecto económico, los componentes social y ambiental de las actividades. Teniendo en cuenta los diferentes elementos que engloba la sustentabilidad es adecuado considerar el uso de metodologías multicriterio o multiobjetivo que contemplan en forma conjunta los diversos factores que afectan la toma de decisiones del productor.

Por ello el objetivo del presente informe fue comparar la eficiencia entre actividades agrícolas y ganaderas bovinas predominantes en la zona mediante un análisis multicriterio que tuviera en cuenta aspectos económicos, de riesgo, ambientales y sociales en forma conjunta. Se contó con seis ítems a considerar en la medición de la eficiencia respecto a la sustentabilidad: margen bruto promedio (en \$ /ha) como índice económico, mínimo MB (\$ /ha) y coeficiente de variación como indicadores del riesgo global, dos indicadores ambientales: valor del balance de nutrientes y riesgo de contaminación por agroquímicos, y horas hombre total por hectárea (índice social).

Como principales conclusiones se mencionan: el análisis multiobjetivo para evaluar sustentabilidad muestra a la internada de compra con suplementación estratégica como la actividad de mayor eficiencia. El ciclo completo mejorado también muestra eficiencia aunque tiene indicadores menores en los aspectos económicos y de riesgo. El cultivo de soja de primera es el predominante entre las actividades agrícolas por sus eficientes índices económicos y de menor riesgo aunque presenta bajos valores ambientales y de empleo de mano de obra. Finalmente, el análisis multiobjetivo se muestra como una metodología adecuada para analizar un concepto multidimensional como es el de sustentabilidad.

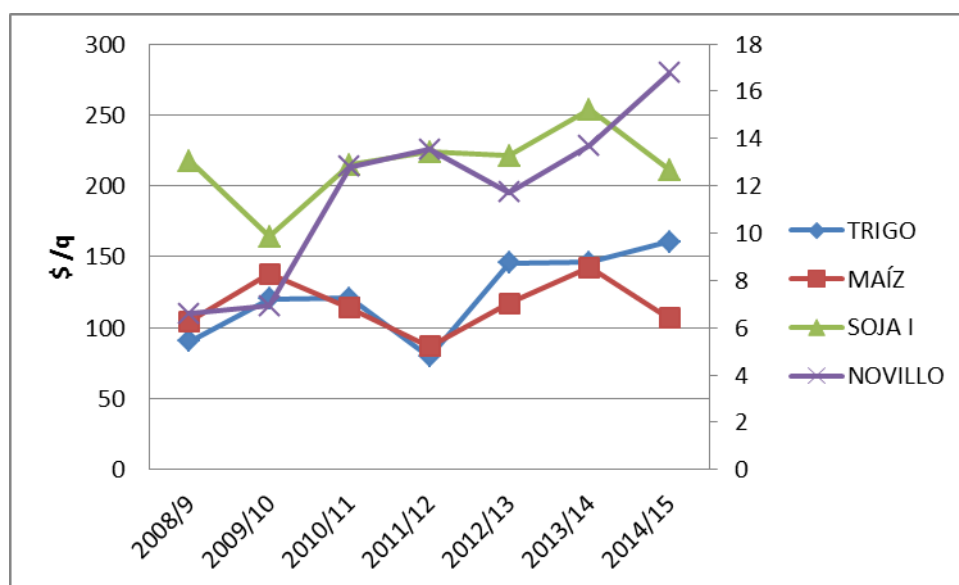
### Introducción

Las dos últimas décadas mostraron, en la superficie apta para cultivo, un incremento en la tendencia hacia la “agriculturización”, específicamente centralizada en el monocultivo de soja. Así, en los cuatro principales cultivos a nivel nacional se pasó de sembrar en 1990/91 15,7 millones ha (31,8 % con soja) a 29 millones ha en 2013/14 (70 % destinado a soja). A su vez, en el departamento Marcos Juárez (Córdoba), la situación fue similar pasando de 610.000 ha sembradas en 1990/91 (65 % soja) a 740.800 ha en 2013/14 (80,1 % soja) (MINAGRI, 2014).

Esta evolución se produjo a expensas de otros cultivos y de la reducción de superficie ganadera. Según datos nacionales, el stock de cabezas bovinas a comienzos de la década del '90 era de 52 millones, mientras que veinte años después se redujo a 48,9 millones (MINAGRI,2014).

Además de afectar la sustentabilidad en el largo plazo del sector, tal evolución produjo un déficit de oferta en el sector bovino que se tradujo, en los últimos años, en un incremento del precio del producto. Esto se muestra en el gráfico 1, que presenta la evolución de los precios agrícolas en cosecha y del novillo en los últimos siete años.

**Gráfico 1.** Evolución de precios de productos (en \$ constantes de agosto 2014) en \$ quintal en agricultura y \$/kg en ganadería bovina (eje derecho)



Se observa una importante tendencia creciente en el precio del novillo a diferencia de los productos agrícolas, lo cual se potenció a partir de 2010 y en 2012. Esta situación mejora la competitividad económica de los esquemas ganaderos a la vez que permite enfocar un análisis más global considerando otros aspectos que hacen a la sustentabilidad. De este modo, para considerar la sustentabilidad en el agro en forma integral se deben analizar, además del aspecto económico, los componentes social y ambiental en las actividades de la firma (Calvente, 2007). Teniendo en cuenta los diferentes elementos que engloba este concepto, es adecuado considerar el uso de metodologías que tengan en cuenta en forma conjunta los diversos factores que afectan la toma de decisiones del productor. Por ello, surge la utilidad del uso de métodos multicriterio o multiobjetivo para determinar las decisiones del productor en su empresa (De Prada, 2008).

El objetivo del informe fue comparar la eficiencia entre actividades agrícolas y ganaderas bovinas predominantes en la zona mediante un análisis multicriterio que tiene en cuenta aspectos económicos, de riesgo, ambientales y sociales en forma conjunta.

### Materiales y métodos

Considerando el manejo usual en la zona para los cultivos agrícolas se muestra, en el cuadro 1, las labores con maquinaria propia y los insumos usados para implantación y protección de trigo, maíz y soja de primera con el manejo de siembra directa según informes anteriores (Ghida Daza y Urquiza, 2014)

**Cuadro 1.** Esquema modal de manejo de cultivos

|                               | TRIGO    | MAÍZ     | SOJA i                    |
|-------------------------------|----------|----------|---------------------------|
| <b>LABORES</b>                |          |          |                           |
| Sembradora GF Siembra Directa | 1        |          |                           |
| Sembradora GG Siembra Directa |          | 1        | 1                         |
| Pulverización terrestre       | 2        | 3        | 4                         |
| Fertilizadora urea            | 1        | 1        |                           |
| Pulverización aérea           |          | 1        | 1                         |
| <b>SUB-TOTAL LABORES</b>      | <b>4</b> | <b>6</b> | <b>6</b>                  |
| <b>INSUMOS</b>                |          |          |                           |
| SEMILLA (\$ /kg)              | 120      | 20       | 80                        |
| HERBICIDAS (dosis)            |          |          |                           |
| 2,4 D + Tordon 24K            |          |          |                           |
| Glifosato                     | 2,5      | 4        | 8                         |
| Atrazina                      |          | 2        |                           |
| Guardian                      |          | 2        |                           |
| Misil II                      | 0,12     |          | 0,1                       |
| INSECTICIDA                   |          | 0,1ciper | 0,1 ciper<br>0,75 Lorsban |
| FERTILIZANTES (dosis)         |          |          |                           |
| Urea granulada                | 100      | 200      |                           |
| PDA                           | 40       | 50       |                           |
| PMA                           |          |          | 50                        |

En base a los informes anuales sobre costos de cultivos y los datos de rendimiento de cada campaña para el Departamento Marcos Juárez (MINAGRI, 2014) se actualizó el margen bruto real por ciclo y cultivo siguiendo el esquema usual (González y Pagliettini, 2001). En el caso de las actividades ganaderas se consideró el ciclo completo y la invernada de compra, con esquemas modales (Cuadro 2) y con tecnología mejorada incluyendo la suplementación estratégica (Kloster et al., 2003) (Cuadro 3)

**Cuadro 2.** Esquema productivo de los modelos ganaderos bovinos con tecnología modal

| Ciclo completo con tecnología media    |            | Invernada con tecnología media        |              |
|--|------------|---------------------------------------|--------------|
| <b>PRODUCCIÓN (KG/HG.AÑO)</b>          | <b>282</b> | <b>PRODUCCIÓN (KG/HG.AÑO)</b>         | <b>461,8</b> |
| % Partición                            | 75         | Carga (cab/HG.año)                    | 2,40         |
| % Destete                              | 72         | Carga (EV/HG año)                     | 1,60         |
| % Descarte vacas                       | 15         | duración ciclo (días)                 | 365          |
| % Toros                                | 4          | Peso de compra (kg/cab)               | 180          |
| % Mortandad adultos                    | 3          | Peso de venta (kg/cab)                | 380          |
| Carga CICLO COMPLETO (EV/HG)           | 2,00       | Mortandad %                           | 2            |
| Carga CICLO COMPLETO (Cab/HG)          | 2,00       | Suplementacion grano (% PV /cab. dia) | 0,5          |
| Peso venta novillos (kg/cab)           | 380        | Dias suplementación grano             | 90           |
| Peso venta vaquillona engorde (kg/cab) | 320        | Suplementación heno (kg /cab. dia)    | 2            |
| Suplementacion grano (% PV /cab. dia)  | 0,5        | Dias suplementación heno              | 90           |
| Dias suplementación grano              | 90         | COMPOSICIÓN HG                        |              |
| Suplementación heno (kg /cab. dia)     | 2          | % Pastura perenne                     | 40           |
| Dias suplementación heno               | 100        | %Verdeos Invierno                     | 30           |
| COMPOSICIÓN HG                         |            | % Verdeos verano                      | 20           |
| % Pastura perenne                      | 30         | % campo natural y otros               | 10           |
| %Verdeos Invierno                      | 25         |                                       |              |
| % Verdeos verano                       | 12         |                                       |              |
| % campo natural y otros                | 33         |                                       |              |

**Cuadro 3.** Modelos ganaderos bovinos con tecnología mejorada

| Ciclo completo mejorado                |            | Invernada mejorada                    |            |
|--|------------|---------------------------------------|------------|
| <b>PRODUCCIÓN (KG/HG.AÑO)</b>          | <b>524</b> | <b>PRODUCCIÓN (KG/HG.AÑO)</b>         | <b>962</b> |
| % Partición                            | 85         | Carga (cab/HG.año)                    | 5,00       |
| % Destete                              | 80         | Carga (EV/HG año)                     | 3,41       |
| % Descarte vacas                       | 18         | duración ciclo (días)                 | 365        |
| % Toros                                | 4          | Peso de compra (kg/cab)               | 180        |
| % Mortandad adultos                    | 3          | Peso de venta (kg/cab)                | 380        |
| Carga CICLO COMPLETO (EV/HG)           | 2,97       | Mortandad %                           | 2          |
| Carga CICLO COMPLETO (Cab/HG)          | 3,48       | Suplementacion grano (% PV /cab. dia) | 0,7        |
| Peso venta novillos (kg/cab)           | 360        | Dias suplementación grano             | 195        |
| Peso venta vaquillona engorde (kg/cab) | 320        | Suplementación heno (kg /cab. dia)    | 2          |
| Suplementacion grano (% PV /cab. dia)  | 0,7        | Dias suplementación heno              | 100        |
| Dias suplementación grano              | 195        | COMPOSICIÓN HG                        |            |
| Suplementación heno (kg /cab. dia)     | 2          | % Pastura perenne                     | 100        |
| Dias suplementación heno               | 100        | %Verdeos Invierno                     | 0          |
| COMPOSICIÓN HG                         |            | % Verdeos verano                      | 0          |
| % Pastura perenne                      | 100        | % campo natural y otros               | 0          |
| %Verdeos Invierno                      | 0          |                                       |            |
| % Verdeos verano                       | 0          |                                       |            |
| % campo natural y otros                | 0          |                                       |            |

De la información detallada en los cuadros precedentes surge la importancia de la adopción de tecnología de procesos en ganadería ya que la mejora en productividad es del 86 % en ciclo completo y del 108 % en invernada de compra. En base a estos esquemas y, con la metodología usual de cálculo económico (INTA, 2009) se elaboraron series de márgenes brutos ganaderos para el período considerado.

Con la finalidad de evaluar el riesgo se utilizó el programa libre Simulación 4 que se ejecuta en la planilla Excel y permite realizar iteraciones en base a una distribución de probabilidad preasignada (en este caso se consideraron distribuciones triangulares de precios de productos y productividad por actividad). Se calcularon doscientas iteraciones considerándolo un número adecuado para que se establezcan las soluciones. En base a la simulación se obtuvo el margen bruto (MB) promedio, el MB mínimo y el coeficiente de variación (CV %) para cada actividad para evaluar el aspecto económico y el riesgo global.

Para cada actividad se calcularon también dos indicadores ambientales para evaluar el concepto multidimensional de sustentabilidad:

- **Balance de nutrientes**, en base al cálculo del valor económico del balance de los principales nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) por actividad a partir del método de “costos evitados” (Cristeche y Penna , 2008) (Manchado, 2010). Así, en base a información de pérdida neta de nutrientes en agricultura y forrajes (IPNI, 2014) se obtuvo el total de pérdida de nutrientes en moneda de agosto de 2014.

- **Riesgo de contaminación por agroquímicos**, mediante el coeficiente EIQ (Kovach et al, 1992) para cada agroquímico, donde el impacto ambiental de plaguicidas se evalúa por un único valor adimensional que concentra la acción sobre tres componentes: efecto sobre los trabajadores rurales, sobre el consumo y el efecto ecológico. De este modo se calcula el EIQ de campo por actividad conociendo el porcentaje de ingrediente activo, dosis, número de aplicaciones por agroquímico por cultivo agrícola y recurso forrajero.

La dimensión social de la sustentabilidad se evaluó mediante el cálculo del uso de horas hombre totales de las actividades incluyendo las tareas de implantación y protección en cultivos agrícolas y forrajeros, agregando además la mano de obra exclusiva para ganadería según requerimientos de rodeo medio de la actividad.

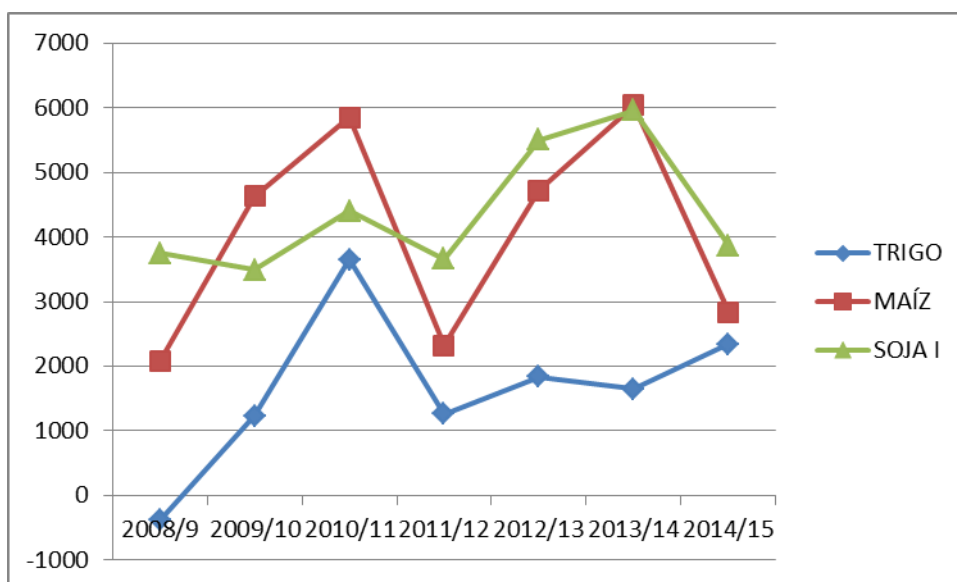
Los seis ítems a considerar en la medición de la eficiencia respecto a la sustentabilidad fueron: margen bruto promedio (en \$ /ha) como índice económico, mínimo MB (\$ /ha) y CV % como indicadores del riesgo global, los dos indicadores ambientales ya mencionados y horas hombre total por hectárea (índice social),

A partir de una tabla en que se agruparon los resultados de cada ítem en las actividades analizadas, se normalizaron los resultados de cada indicador para hacerlos comparativos entre sí y, mediante un gráfico radial se visualizó la cobertura de las actividades respecto a las variables analizadas para determinar el grado de sustentabilidad de cada producción.

## Resultados y discusión

En el gráfico 2 se presenta la evolución de los resultados reales (MB en \$ de agosto /ha) de los principales cultivos en las últimas seis campañas y la proyección de la nueva (2014/15) en base a los precios esperados a cosecha 2014/15 y rendimientos medios del quinquenio.

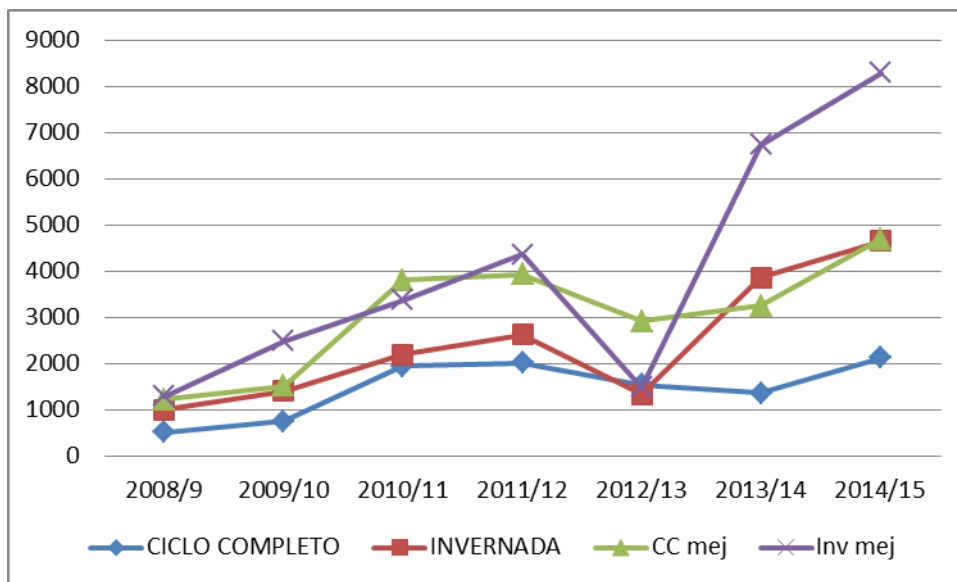
**Gráfico 2.** Evolución de los resultados reales y proyección 2014/15 (MB \$ /ha)



Se observa una leve tendencia creciente en soja hasta la última campaña (2013/14), mientras que en cereales la tendencia es neutra. Las proyecciones del nuevo ciclo muestran una importante caída en los resultados debido a la baja del precio esperado por la elevada oferta mundial ante la alta producción de EEUU (Muñoz, 2014)

Los resultados económicos (MB /ha) de las actividades ganaderas bovinas para el mismo período se muestran en el gráfico 3.

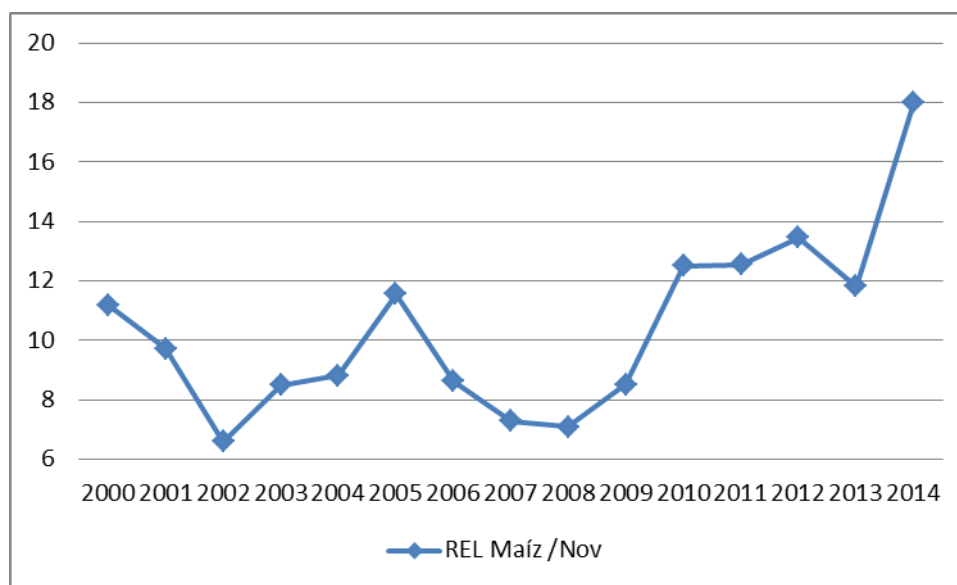
**Gráfico 3.** Evolución de resultados en actividades ganaderas bovinas (MB \$/ha)



Se observa a lo largo del período el paulatino incremento de la diferencia de resultados entre los modelos con nivel tecnológico medio y el mejorado con suplementación estratégica. Esto se dio tanto en el ciclo completo como en invernada de compra debido a la creciente mejora de los precios ganaderos, que ante mayor productividad mostró mejores márgenes. En el caso de invernada de compra se muestra que, aunque presentó mayor resultado que el ciclo completo también tiene mayor riesgo, de esta forma en el ciclo 2012/13 el margen disminuyó en forma importante tanto el modal como el mejorado por la suba del precio relativo del ternero respecto al gordo.

Teniendo en cuenta la evolución opuesta de los resultados agrícolas y ganaderos en el período, se elaboró el gráfico 4 que muestra la relación de precios novillo /maíz, detallando los kg de maíz necesarios para comprar un kilo de novillo.

**Gráfico 4.** Relación de precios novillo /maíz (kg de maíz /kg novillo)



Se observa una evolución muy favorable para los esquemas con mayor tecnificación mediante suplementación, obteniéndose el mejor valor con el insumo maíz más barato en el final de la serie en agosto de 2014.

En el cuadro 4 se muestra la situación actual de las actividades analizadas (precios de agosto 2014), con las proyecciones de precios agrícolas para cosecha del ciclo 2014/15 y los resultados actuales de los modelos ganaderos.

**Cuadro 4.** Resultados económicos de actividades agropecuarias

|           | P a cosecha<br>(\$ /q) | Rend<br>(q /ha) | CD<br>(\$ /ha) | MB<br>(\$ /ha) |
|-----------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| Trigo     | 129,2                  | 32,7            | 2.922,2        | 1.307,6        |
| Maíz      | 107,6                  | 84,8            | 6.195,0        | 2.925,9        |
| Soja      | 208,4                  | 33,3            | 3.168,1        | 3.779,9        |
|           | P venta<br>(\$ /kg)    | kg vend/HG      | CD<br>(\$ /HG) | MB<br>(\$ /HG) |
| Inv media | 16,6                   | 915,5           | 12.103,2       | 3.094,1        |
| CC media  | 14,1                   | 285,0           | 1.933,9        | 2.084,6        |
| Inv mej   | 16,6                   | 1.862,0         | 22.949,8       | 7.959,4        |
| CC mej    | 14,1                   | 534,0           | 2.782,1        | 4.747,3        |

Se muestra, en la situación actual, una mejora importante de la competitividad de las actividades ganaderas, especialmente en los esquemas mejorados que presentan los mayores márgenes entre las actividades.

Analizando los aspectos que permiten un análisis más global para caracterizar la sustentabilidad a nivel de actividades, en el cuadro 5 se muestran los parámetros de la distribución de probabilidad triangular en precios, rindes y costos, para efectuar un cálculo del riesgo mediante simulación.

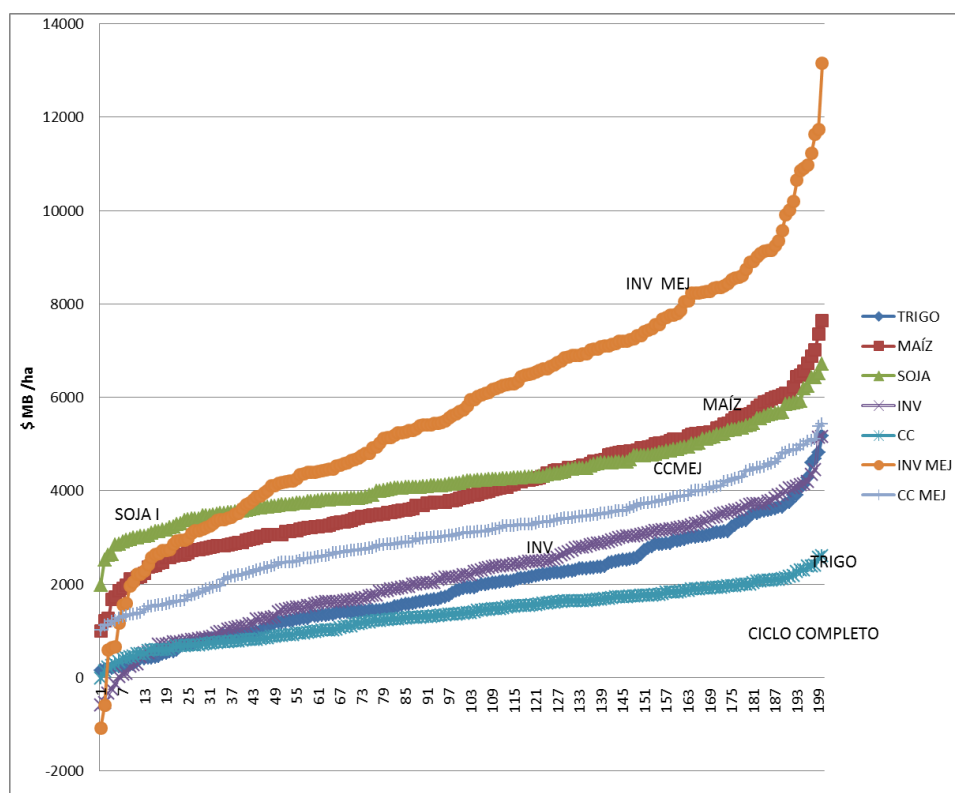


**Cuadro 5.** Parámetros de las variables económicas de las actividades.

|   | Parámetro | Trigo | Maíz  | Soja I | Invernada | C Comp | Inv mej | CC mej |
|---|-----------|-------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| Precio<br>(\$ /q agric)<br>(\$ /kg gan) | Moda      | 123,4 | 115,6 | 215,2  | 11,72     | 10,27  | 11,72   | 10,27  |
|   | mínimo    | 90,3  | 86,8  | 164,2  | 6,6       | 5,8    | 6,6     | 5,8    |
|   | máximo    | 160,8 | 192,5 | 253,6  | 16,8      | 14,3   | 16,8    | 14,3   |
| Rend<br>(q /ha)<br>(kg ven<br>/HG)      | Moda      | 32,7  | 84,8  | 33,3   | 915,5     | 285    | 1.862   | 524    |
|   | mínimo    | 15    | 69    | 27     | 831       | 267    | 1.690   | 491    |
|   | máximo    | 54,8  | 103   | 40     | 983       | 290    | 1.946   | 533    |
| Costo<br>Directo<br>(\$ /ha)            | Moda      | 2.371 | 5.733 | 2.805  | 8.590     | 1.465  | 27.613  | 1.862  |
|   | mínimo    | 1.733 | 4.881 | 2.195  | 4.475     | 1005   | 21.006  | 1.690  |
|   | máximo    | 2.964 | 6.430 | 3.371  | 12.103    | 2005   | 36.706  | 1.946  |

En el gráfico 5 se muestran los resultados de las 200 repeticiones.

**Gráfico 5.** Resultados de las simulaciones (en \$ de MB /ha)



Se muestra que ninguna actividad es dominante ya que no hay curvas que queden más arriba en el gráfico y que no tengan algún punto de cruce con otras. De todos modos, en la mayoría de los casos la invernada mejorada, soja de primera y maíz muestran mejores resultados respecto del resto. En el cuadro 6 se resumen los resultados.

**Cuadro 6.** Indicadores de la simulación (en \$ MB /ha)

| Actividades    | Promedio | mínimo   | máximo   | Coefficiente variación |
|----------------|----------|----------|----------|------------------------|
| Trigo          | 1.942,3  | 147,4    | 5.165,8  | 55,2 %                 |
| Maíz           | 4.010,6  | 994,2    | 7.644,7  | 31,3 %                 |
| Soja I         | 4.253,3  | 1.979    | 6.708,4  | 19,9 %                 |
| Invernada      | 2.186,6  | -587,6   | 5.156,5  | 52,6 %                 |
| Ciclo completo | 1.346,3  | -22,7    | 2.608,7  | 40,4 %                 |
| Inv. mejorada  | 5.812,2  | -1.092,2 | 13.150,8 | 42,4 %                 |
| CC mejorado    | 3.062,9  | 1.011    | 3.063    | 32,4 %                 |

La invernada mejorada muestra el mejor resultado promedio pero con una alta variabilidad: aunque presenta el mayor máximo también muestra el más bajo mínimo y un alto coeficiente de variación. A su vez, la soja de primera presenta el segundo margen promedio y también el menor riesgo mientras que trigo, como única actividad anual, tiene el menor resultado promedio y la mayor variabilidad

En el cuadro 7 se presenta el valor del balance de nutrientes por actividad agrícola.

**Cuadro 7.** Valor del balance de nutrientes (\$ /ha)

|  | Pérdida Nut<br>(kg fert /ha) | Fertilización | Saldo<br>Neto (kg /ha) | Precio fert<br>( \$ /kg) | Bal nut<br>(\$ /ha) |
|--|------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>TRIGO</b>                                   |                              |               |                        |                          |                     |
| Urea   | 128,9                        | 100           | -28,9                  | 4,54                     | -131,27             |
| PDA  | 25,0                         | 40            | 15,0                   | 5,67                     | 85,05               |
| Sulfato K                                      | 23,0                         |               | -23,0                  | 5,25                     | -120,75             |
| <b>Valor de pérdida de nutrientes (\$ /ha)</b> |                              |               |                        |                          | <b>-166,97</b>      |
| <b>MAÍZ</b>                                    |                              |               |                        |                          |                     |
| Urea   | 241,3                        | 200           | -41,3                  | 4,54                     | -187,52             |
| PDA  | 48,7                         | 50            | 1,3                    | 5,67                     | 7,40                |
| Sulfato K                                      | 58,8                         |               | -58,8                  | 5,25                     | -308,70             |
| <b>Valor de pérdida de nutrientes (\$ /ha)</b> |                              |               |                        |                          | <b>-488,83</b>      |
| <b>SOJA I</b>                                  |                              |               |                        |                          |                     |
| Urea   | 175,7                        |               | -175,7                 | 4,54                     | -797,46             |
| PDA  | 39,1                         | 50            | 10,9                   | 5,67                     | 61,63               |
| Sulfato K                                      | 112,2                        |               | -112,2                 | 5,25                     | -589,05             |
| <b>Valor de pérdida de nutrientes (\$ /ha)</b> |                              |               |                        |                          | <b>-1.324,88</b>    |

Se observa en todos los casos que la aplicación de fertilización modal no alcanza a cubrir las mayores exigencias de los rendimientos logrados, por ello los balances son negativos, siendo mayor la negatividad en el caso de soja.

El cuadro 8 muestra los coeficientes para el cálculo del valor del balance de nutrientes en las actividades ganaderas.

**Cuadro 8.** Coeficientes para el balance de nutrientes en actividades ganaderas

|   | Aportes de forrajes (kg nutriente /ha) |       |       |    | Extracción<br>kg nut /tn<br>prod carne |
|---|--|-------|-------|----|--|
|   | PP                                     | VI    | VV    | CN |  |
| N | 118                                    | -32,4 | -10,6 | 5  | 24,5                                   |
| P | -15,6                                  | -31,2 | -2,8  |    | 7,15                                   |
| K | -95                                    | -7,2  | -12,7 |    | 1,705                                  |

PP pastura perenne, VI verdeo invierno, VV verdeo verano, CN campo natural

De acuerdo a la proporción de uso de los distintos recursos forrajeros se calculó, en el cuadro 9 el valor del balance de nutrientes de las actividades ganaderas.

**Cuadro 9.** Valor del balance de nutrientes

| Actividad               | \$ /HG  |
|-------------------------|---------|
| Invernada modal         | -339,59 |
| Ciclo Completo modal    | -252,23 |
| Invernada mejorada      | -333,67 |
| Ciclo Completo mejorado | 92,54   |

Se observa un balance también negativo pero, en general, en menor medida que en agricultura. Esto se debe en la ganadería con tecnología modal al bajo uso de pasturas con alfalfa (que fijan nitrógeno) y al mayor uso de verdes. En el caso de los esquemas mejorados el ciclo completo muestra balance positivo al tener como recurso forrajero exclusivamente a las pasturas mientras que en la invernada el balance negativo se debe al importante uso de maíz en la suplementación.

Posteriormente se calcularon los efectos ambientales mediante el coeficiente de contaminación por agroquímicos (EIQ) para cada actividad según el uso de agroquímicos (herbicidas, insecticidas y fungicidas) de cada manejo. El resumen se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Valor del EIQ por actividad

|                     | Proporción |      | EIQ /ha       |
|---------------------|------------|------|---------------|
| Trigo               |            |      | <b>86,32</b>  |
| Maíz                |            |      | <b>165,42</b> |
| Soja I              |            |      | <b>162,55</b> |
| Recursos forrajeros |            |      |               |
| Past perenne        | 10,86      | 0,3  |               |
| Verdeo invierno     | 5,37       | 0,25 |               |
| Verdeo verano       | 5,37       | 0,12 |               |
| Campo natural       | 0,00       | 0,33 |               |
| EIQ forraje         |            |      |               |
| Modal               |            |      | <b>5,24</b>   |
| Mejorado            |            |      | <b>10,86</b>  |

Se muestra la diferencia entre las actividades agrícolas, con mayor uso de agroquímicos y por lo tanto mayores valores de contaminación, respecto a las actividades ganaderas con bajos valores por la aplicación eventual de insecticidas. En los esquemas mejorados ganaderos los coeficientes son algo mayores por el uso de

pasturas como único recurso forrajero, con mayor aplicación de insecticidas pero siempre en un nivel menor a la agricultura.

En el cuadro 11 se observa el uso de mano de obra de las actividades. En la agricultura son las horas de tractorista para las labores de implantación y protección mientras que en ganadería incluye las horas tractorista para los recursos forrajeros más la cantidad de horas de un peón general según la dotación de ganado modal para la actividad en la zona.

**Cuadro 11.** Requerimientos de trabajo (horas hombre /ha)

|                 | % HG |             |
|-----------------|------|-------------|
| Trigo           | 2,05 | <b>2,05</b> |
| Maíz            | 1,95 | <b>1,95</b> |
| Soja I          | 2,1  | <b>2,1</b>  |
| Pastura perenne | 1,2  | 0,3         |
| Verdeo invierno | 1,35 | 0,25        |
| Verdeo verano   | 1,25 | 0,12        |
| Campo Natural   | 0    | 0,33        |
| Total Ganad     | 5,5  | <b>6,35</b> |
| Total Ganad mej | 27,5 | <b>28,7</b> |

En agricultura no se observan diferencias mayores en el uso del recurso trabajo entre cultivos ya que el paquete tecnológico de siembra directa es similar. En el caso de la ganadería, las diferencias se dan entre esquemas modales y mejorados por los mayores stocks de ganado por hectárea en las actividades mejoradas que requieren más dedicación del factor trabajo.

Para analizar en una visión agregada los indicadores mencionados se elaboró el cuadro 12 que presenta los distintos ítems en forma conjunta.

**Cuadro 12.** Indicadores de la sustentabilidad por actividad

| Actividades | MB prom  | mínimo    | Coficiente | Bal Nut | EIQ /ha | Hs h /ha |
|-------------|----------|-----------|------------|---------|---------|----------|
|             | \$/ha    | \$/ha     | Variación  | \$/ha   |         |          |
| Trigo       | 1.942,30 | 147,4     | 55,20%     | -167    | 86,3    | 2,05     |
| Maíz        | 4.010,60 | 994,2     | 31,30%     | -489    | 165,4   | 1,95     |
| Soja I      | 4.253,30 | 1.979     | 19,90%     | -1325   | 162,5   | 2,1      |
| Invernada   | 2.186,60 | -587,6    | 52,60%     | -339,6  | 5,2     | 7,3      |
| Ciclo comp. | 1.346,30 | -22,7     | 40,40%     | -252,2  | 5,2     | 5,4      |
| Inv mej     | 5.812,20 | -1.092,20 | 42,40%     | -333,7  | 10,9    | 33       |
| CC mej      | 3.062,90 | 1.011     | 32,40%     | 92,5    | 10,9    | 24,4     |

Se observa que la invernada con suplementación estratégica se mantiene con alta competitividad económica pero también con alto riesgo. A su vez, soja de primera muestra el menor riesgo (mínimo MB y bajo CV) con un aceptable resultado económico pero un resultado negativo en los aspectos ambientales (balance de nutrientes y EIQ). El maíz muestra una situación intermedia en MB y riesgo pero con aceptables indicadores ambientales.

Cabe destacar la importancia de la simulación ya que permite una visión de más largo plazo. Esto se nota en los resultados de la ganadería con tecnología modal del cuadro 12 respecto a lo que mostraba el cuadro 4 que se focalizaba en la situación actual en que la ganadería con productividad media es competitiva respecto a la agricultura, especialmente la invernada. En el cuadro 12 se observa en cambio que, en una situación de largo plazo, la ganadería con tecnología modal no es competitiva por el bajo margen y alto riesgo a pesar de los adecuados indicadores ambientales y de empleo de mano de obra.

A fin de comparar en conjunto los indicadores se elaboró el cuadro 13 en el que se muestran como porcentajes respecto al mejor valor a cada índice. De este modo se ordenan de mejor a peor según cada ítem, mayor MB, menor mínimo MB, menor CV, mayor valor de balance de nutrientes, menor IEQ y mayor índice de horas hombre.

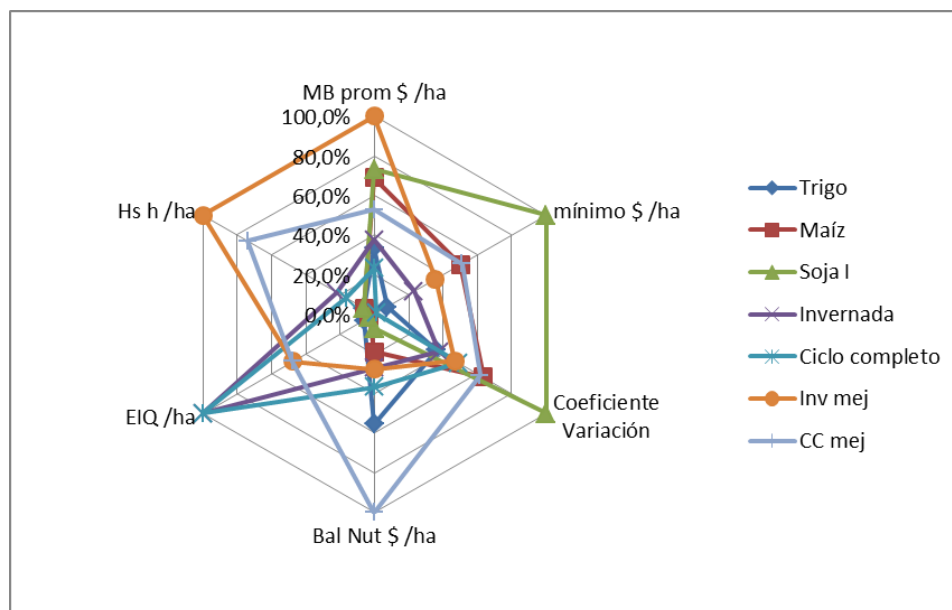
**Cuadro 13. Indicadores de la sustentabilidad ordenados para cada actividad**

| Actividades | MB prom<br>\$/ha | mínimo<br>\$/ha | Coeficiente<br>Variación | Bal Nut<br>\$/ha | IEQ /ha | Hs h /ha | Promedio     |
|-------------|------------------|-----------------|--------------------------|------------------|---------|----------|--------------|
| Trigo       | 33,4%            | 7,4%            | 36,05%                   | 55,4%            | 6,0%    | 6,2%     | <b>23,0%</b> |
| Maíz        | 69,0%            | 50,2%           | 63,58%                   | 18,9%            | 3,1%    | 5,9%     | <b>35,7%</b> |
| Soja I      | 73,2%            | 100,0%          | 100,00%                  | 7,0%             | 3,2%    | 6,4%     | <b>46,2%</b> |
| Invernada   | 37,6%            | 22,9%           | 37,83%                   | 27,2%            | 100,0%  | 22,1%    | <b>38,4%</b> |
| Ciclo comp. | 23,2%            | 1,1%            | 49,26%                   | 36,7%            | 100,0%  | 16,4%    | <b>33,3%</b> |
| Inv mej     | 100,0%           | 35,6%           | 46,93%                   | 27,7%            | 47,7%   | 100,0%   | <b>69,7%</b> |
| CC mej      | 52,7%            | 51,1%           | 61,42%                   | 100,0%           | 47,7%   | 73,9%    | <b>64,2%</b> |

El cuadro muestra que, en una evaluación conjunta de los indicadores (última columna) los esquemas ganaderos mejorados muestran la mayor eficiencia como actividades sustentables, mientras que en un segundo término se ubicaría soja de primera que se ve perjudicada por sus bajos valores en los indicadores ambientales y de empleo. Se observa también que la ganadería con tecnología modal muestra similar sustentabilidad respecto al maíz ya que, aunque tienen bajos márgenes en relación al cereal sus índices ambientales y de empleo son superiores. También se demuestra que el trigo como única actividad no es competitiva tanto desde el punto de vista económico como global.

En el gráfico 6 se presentan estos conceptos mediante un esquema visual con un diagrama radial.

**Gráfico 6.** Esquema radial de eficiencia en los indicadores de sustentabilidad por actividad



Se observa la mayor área total ocupada por los esquemas ganaderos mejorados, especialmente en los aspectos económicos y sociales en el caso de invernada mejorada mientras que en ciclo completo mejorado se da en los ítems ambiental y social. En soja se dan los mejores valores en los ítems de riesgo y en menor medida margen con los más bajos índices en el resto de variables.

## Conclusiones

- El análisis multiobjetivo para evaluar sustentabilidad muestra la invernada de compra con suplementación estratégica como la actividad de mayor eficiencia respecto al resto de las producciones predominantes en la zona.
- El ciclo completo mejorado también muestra eficiencia aunque tiene indicadores menores en los aspectos económicos y de riesgo.
- El cultivo de soja de primera es el predominante entre las actividades agrícolas por sus eficientes índices económicos y de menor riesgo aunque presenta bajos valores ambientales y de empleo de mano de obra, lo que lo ubica debajo de la ganadería mejorada.
- Las opciones de ganadería con manejo tradicional tienen una eficiencia media respecto a la sustentabilidad debido a sus bajos valores económicos.
- El análisis multiobjetivo se muestra como una metodología eficiente para analizar un concepto multidimensional como es el de sustentabilidad por lo que su uso puede replicarse considerando distintos niveles de agregación en el análisis (sistemas, zonas ecológicas) y distintos tipos de indicadores.

## Bibliografía

- Calvante, A. 2007. El concepto moderno de sustentabilidad. Universidad Abierta Sudamericana UAI, Sociología y Desarrollo Sustentable. UAIS-SDS-100.002, 7 p
- Cristeche, E.; Penna, J. 2008. Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. INTA, 56 p (Proyecto Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales) ISSN 1851-6955; nº 3
- De Prada, J.D.; Lee, T.C.; Angeli, A.R. ; Cisneros, J.M. y Cantero A. 2008. Análisis multicriterio para la conservación de suelos: Aplicación a una cuenca representativa del centro Argentino. Revista de la red Iberoamericana de Economía Ecológica 9: p. 45-59. [http://www.redibec.org/IVO/rev9\\_04.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev9_04.pdf) Dirección de Estadísticas Económicas. 2013 Sec. Planificación, Min Planif. Inv.y Financiamiento Cba,
- Ghida Daza, C.; Urquiza, B. 2014, Análisis de costo beneficio en cultivos de verano. Campaña 2014/15 Información para extensión en línea Nº 7, septiembre ISSN2250-8511 10p
- Gonzalez, C.; Pagliettini, L. 2001 Los Costos Agrarios y sus aplicaciones. Ed Facultad de Agronomía UBA, 8 p.
- INTA, 2009. Indicadores Económicos para la Gestión de Empresas Agropecuarias. Bases Metodológicas. Ghida Daza C coordinador, Ed INTA ISSN 1851-6955, 39 p
- IPNI. International Plant Nutrition Institute. 2014. Oficina regional para el Cono Sur, sitio Web [www.ipni.net](http://www.ipni.net) (23/07/14)
- Kloster. A.; Latimori, N.; Ghida Daza, C. 2003. Invernada de alta producción sobre pasturas base alfalfa. Cap VII, en Invernada Bovina en zonas mixtas. NJ Latimori y AM Kloster (ed) 2º edición. Agro 2 de córdoba INTA C.R. Córdoba. Argentina p 225-247.
- Kovach, J.; Petzoldt, C. 1992 A method to measure the environmental impact of pesticides IPM Program Cornell University
- Manchado, J.C. 2010. La sustentabilidad en la agricultura pampeana. Valoración económica del balance de nutrientes para las principales actividades agropecuarias extensivas del centro sur de la provincia de Buenos Aires. Anales de la 41º Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, 17pp Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación , (MINAGRI). 2014. página web [www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar) (12/07/14)
- Muñoz, R. 2014. Informe de coyuntura del mercado de granos Nº 421 – INTA – EEA Pergamino. Septiembre 11 p