

# **Asociación Argentina de Economía Agraria**

## **EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL RIESGO ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN SISTEMAS TAMBEROS DE ENTRE RÍOS**

**AGOSTO 2014**

### ***AUTORES***

**Patricia ENGLER**  
engler.patricia@ inta.gob.ar<sup>1,2</sup>

**Gabriela LITWIN**  
litwin.gabriela@ inta.gob.ar<sup>2</sup>

**Categoría: Trabajo de Investigación**

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. Ruta 11 km 10  
<sup>2</sup> INTA EEA Paraná Ruta 11 km 12,5. Tel 0343 4975200.

# **Evaluación cuantitativa del riesgo económico y ambiental en sistemas tamberos de Entre Ríos**

## **Resumen**

El objetivo del presente trabajo es evaluar el riesgo económico y ambiental, en términos del resultado esperado y la variabilidad del mismo, en sistemas de producción de leche de baja escala, característicos de tres Zonas Agroecológicas Homogéneas de la provincia de Entre Ríos. Para ello, se desarrolló un modelo en Microsoft Excel la simulación del riesgo se realizó mediante la técnica de Monte Carlo. Las diferencias agroecológicas entre las zonas agroecológicas homogéneas descritas, plantean la necesidad de analizar las características particulares de cada una y su impacto en el sistema desde una visión integral que contemple aspectos productivos, económicos y ambientales. Este modelo aporta un diagnóstico del impacto ambiental de la actividad agropecuaria en Entre Ríos y su relación con los resultados económicos, a la vez que constituye una herramienta que permite evaluar escenarios para poder tomar medidas que contribuyan al objetivo de producir sustentablemente.

Palabras clave: riesgo, económico, ambiental, simulación Monte Carlo, producción de leche

## **Abstract**

The aim of this study is to evaluate the economic and environmental risk in terms of the expected outcome and its variability in milk production systems of small-scale, three characteristic zones agro Homogeneous Entre Rios. To do this, a model in Microsoft Excel risk simulation was performed using the Monte Carlo technique was developed. Agroecological differences between agro homogeneous areas described, suggest the need to examine the particular characteristics of each and their impact on the system from a holistic view that considers production, economic and environmental aspects. This model provides an assessment of the environmental impact of agricultural activities in Punjab and its relationship to economic performance, while constituting a tool to evaluate scenarios to take actions that contribute to the goal of producing sustainably

Key words: risk, economic, environmental, Monte Carlo simulation, milk production

**Clasificación temática:** Técnicas e instrumentos de análisis: Software. Simulación

# **Evaluación cuantitativa del riesgo económico y ambiental en sistemas tamberos de Entre Ríos**

## **Introducción**

El sector agropecuario argentino en general, y el lácteo en particular sufrieron importantes transformaciones en las últimas décadas, caracterizadas principalmente por la búsqueda de la eficiencia y de crecimiento en la producción. Actualmente, la estructura agraria láctea se caracteriza por una mayor concentración y especialización de la actividad. Estos cambios en el modelo productivo tambero, se traducen en menos tambos, más vacas por tambo, menos alfalfa en pastoreo y más concentrado en la dieta, características comunes a todas las cuencas lecheras del país.

La estructura actual del sector lácteo primario es entonces, el resultado de un proceso de concentración, especialización e intensificación, en el cual el modelo productivo ha cambiado (Sanchez et al, 2012). Menos tambos que producen más litros, más vacas por tambo, mayor producción individual y por hectárea, menos alfalfa en pastoreo, mayor participación de silajes y concentrados en la dieta e instalaciones más grandes son una constante que se repite en las cuencas lecheras del país (Centeno, 2013). Por el contrario, la superficie de los tambos no aumentó (SANCOR, 2013) ni tampoco aumentó significativamente el número de tambos que tratan los efluentes, a pesar que estos se producen en mayor cantidad como consecuencia de la mayor producción de leche y la mayor concentración de animales (Taverna y otros, 2004). Los resultados muestran claramente el proceso de intensificación que han experimentado los tambos, mutando de sistemas de base pastoril a sistemas pastoriles intensificados (Alvarez et al, 2010, Taverna, 2010).

En los últimos años, este proceso de intensificación de la producción generó una creciente preocupación e interés en la conservación de los recursos naturales, en el impacto en el medio ambiente y en los cambios sociales y económicos que pudiera producir la actividad productiva agropecuaria. El interés de la sociedad y las expectativas de los agricultores en relación con su desempeño ambiental son cada vez mayores, en términos generales y en respuesta a los desafíos regionales (Greine, Patterson y Miller, 2009), lo cual se vio también reflejado en una agenda política que incluye la problemática ambiental.

Si bien dichos procesos de intensificación permiten mejorar en general los resultados económicos de las empresas, se plantea simultáneamente un incremento en los niveles de riesgo y de impacto ambiental, insuficientemente cuantificados a nivel predial (Viglizzo et al., 2001)

Generalmente, estos procesos no se complementan con la aplicación de alternativas tecnológicas consideradas conservacionistas o de bajo impacto en el medio ambiente, por lo que se profundiza la generación de impactos negativos en los recursos naturales (Litwin y Engler, 2011).

Estas transformaciones generan impactos y riesgos ambientales que comprometen la sustentabilidad de los sistemas productivos, a la vez que han sido acompañadas por una creciente preocupación por la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente (Casas, 2001).

Pese a que existe consenso mundial sobre la necesidad de alcanzar una agricultura sustentable, no hay un acuerdo claro sobre qué es exactamente la sustentabilidad y cómo medirla, aunque en general hay consenso en concebir a la sustentabilidad como un concepto complejo que responde a tres dimensiones: social, económica y ambiental (Torquebiau, 1992; Smith y Thwaites, 1998,

citado por Flores y Sarandón, 2002). Esta complejidad y multidimensionalidad torna dificultosa su implementación y evaluación en forma concreta. Sin embargo, hay algunas coincidencias básicas acerca de las condiciones que debería cumplir un sistema para ser considerado sustentable. Una de ellas es el mantenimiento del capital natural, de lo que se deriva que cualquier sistema que produzca a costa de degradar el capital natural no podrá ser considerado sustentable (Flores y Sarandón, 2002).

En este contexto, el productor como empresario, busca maximizar su resultado económico, asumiendo un determinado riesgo, es decir que entre los factores considerados por el productor al decidir una nueva actividad o técnica, se encuentra el resultado económico y el riesgo, los cuales deben ser compatibles en un punto para motivarlo a adoptarla. La implementación de prácticas conservacionistas responde a un objetivo final que es el lograr que el sistema de producción sea sustentable en el largo plazo (Engler y Vicente, 2011).

Si bien los cambios ambientales deben ser conceptualizados en una dimensión de nivel global, la problemática socioambiental se caracteriza por su especificidad regional y local, ecológica y cultural, económica y política (Martínez Alier, 1998). En este sentido, se plantea la necesidad de evaluaciones regionales y enfocadas a determinados sistemas y actividades de producción que permitan diferenciar los resultados. Las conclusiones y recomendaciones basadas en mediciones globales pueden llevar a soluciones no ajustadas a la realidad.

Por otra parte, la gestión ambiental no forma parte del análisis técnico-económico tradicional de los sistemas de producción agropecuarios. Este hecho, no permite dimensionar y posicionar esta problemática en su real magnitud y contribuir al diseño de políticas tendientes a atenuar la problemática ambiental (Vitti, et al., 2010).

A nadie escapa el reconocimiento de los beneficios derivados de la preservación de los recursos naturales. La sociedad argentina a través de la legislación ambiental ha reconocido la necesidad imperiosa de su preservación; sin embargo en muchos casos su instrumentación resulta difícil dado que se carece de información precisa para la toma de decisiones que contribuya a un ordenamiento territorial, donde ciertas superficies con recursos naturales puedan ser cuantificadas y valoradas para su adecuada preservación (Vicente, et al., 2010).

Aunque la legislación sea clara respecto a las responsabilidades y a la necesidad de preservación del ambiente, la dicotomía entre el desarrollo y la preservación está siempre presente (Vicente, et al., 2010). La degradación del ambiente y de los recursos naturales, conocidos también bajo el nombre de bienes y servicios ambientales, puede ser ocasionada por un excesivo o insuficiente desarrollo económico. Lo importante no es escoger entre el desarrollo y el medio ambiente, sino que se propongan incorporar medidas de costo-beneficio para restablecer, sustentar y proteger los sistemas naturales y mantener la calidad ambiental (Barzev, 2002). En este sentido, tal como plantea Field (1995), surge la necesidad de estudiar cómo se pueden cambiar políticas con el propósito de equilibrar los impactos ambientales con los deseos humanos y las necesidades del ecosistema en sí mismo.

La actividad agropecuaria inflige impactos al ambiente como extracción de nutrientes, erosión y contaminación entre otros (Viglizzo et al., 2001). Los principales efectos negativos de estos procesos recaen principalmente en el sector agropecuario, tal es el caso de los balances negativos de nutrientes, perjudicando su productividad y factibilidad económica (SAGPyA y CFA, 1995). Otros efectos no recaen en la productividad, sino que el impacto se da en la sociedad en su

conjunto, tal el caso de la contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero causales del calentamiento global.

Los sistemas ganaderos generan problemas sanitarios además de ambientales (Herrero et al. 2000). El manejo de los residuos orgánicos (excretas) es determinante para reducir la transferencia y pérdida de nutrientes y disminuir los problemas de contaminación del agua y suelos, emisiones, olores e insectos (Atkinson y Watson, 1996; Díaz Zorita y Barraco, 2002).

En Entre Ríos se produjeron aproximadamente 375 millones de litros de leche en el año 2012 provenientes de algo más de 1.500 establecimientos tamberos. El 85% de esas empresas producen menos de 1.500 litros diarios de leche (Programa de Desarrollo Lechero de Entre Ríos, Gobierno de Entre Ríos, 2013). Se trata de establecimientos en donde la mano de obra predominante es familiar y que combinan la producción de leche con agricultura como actividad secundaria. En mayor proporción trabajan superficie propia con un porcentaje mejor de tierra arrendada y en los cuales se observa en los últimos años, una tendencia a la intensificación de los procesos productivos como estrategia para permanecer en actividad.

La organización de los establecimientos dedicados a la producción de leche y los planteos tecnológicos son diferentes en cada zona de la provincia. Esta característica sumada a las diferencias existentes en las condiciones naturales entre las zonas que componen la cuenca lechera entrerriana, tiene como consecuencia la diferenciación entre ellas por distintos niveles de productividad, lo que impacta no sólo en los resultados económicos de las empresas, sino también en los recursos ambientales.

La vulnerabilidad del medioambiente y la irreversibilidad de muchos procesos son hechos que plantean la necesidad de evaluar anticipadamente el impacto de los sistemas de producción agropecuarios, debido a que el uso y manejo que se haga del ecosistema, limitará su aprovechamiento futuro. Un ejemplo de ello son los trabajos realizados por Herrero et al. (2000 y 2006) y Sweeten et al. (1995), que ponen de manifiesto la contaminación de las aguas por los aportes de nitrógeno procedentes de los efluentes derivados de las actividades ganaderas y que condicionan hoy el uso de estas fuentes de agua (Gil et al., 2009).

Un avance en la comprensión del mundo real se produjo con el enfoque sistémico y el modelaje matemático, que han contribuido a mejorar el proceso de toma de decisiones mediante la evaluación de la eficacia y eficiencia de cursos alternativos de acción (Cursack, et al., 2009). La producción agropecuaria está basada en principios biológicos, dinámicos por su naturaleza y con una marcada influencia de eventos no controlables (Berdegué y Ramírez, 1995). Se inserta en mercados amplios, turbulentos y altamente competitivos. Los riesgos derivados de las condiciones climáticas y la volatilidad de los precios, de la estacionalidad de la producción y de la frecuente concentración de factores y decisiones en la familia, imprimen complejidad creciente en la administración de las unidades de producción. A pesar de ello, con relación a su participación en los mercados agrarios, son empresas generalmente pequeñas (Boussard, 2002).

En modelización, se pueden utilizar enfoques para explorar el futuro incierto. La consideración y evaluación del riesgo es la cuantificación de la probabilidad de ocurrencia y del impacto de las fuentes de riesgo sobre los resultados del modelo (Vose, 1996). Los modelos de simulación son herramientas que permiten evaluar escenarios para poder tomar medidas tempranamente que contribuyan al objetivo de producir sustentablemente desde la dimensión económica-social y ambiental.

Un modelo que represente a un sistema de producción mixto, que incorpore la dimensión tecnológica, ambiental y económica, y que además, pueda evaluar cambios para simular posibles situaciones futuras, es de interés tanto para instituciones gubernamentales como para productores. De esta manera, una comparación entre el efecto deseado y el efecto calculado puede conducir a la formulación de políticas más eficaces (Berentsen y Giesen, 1995).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el riesgo económico y ambiental, en términos del resultado esperado y la variabilidad del mismo, en sistemas de producción de leche de baja escala, característicos de tres Zonas Agroeconómicas Homogéneas de la provincia de Entre Ríos.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

El área de estudio abarca tres Zonas Agroeconómicas Homogéneas de la provincia de Entre Ríos, Paraná (comprende los departamentos de Paraná, Diamante y Victoria, en éstos dos últimos solo la superficie de tierra firme); La Paz (comprende el departamento de La Paz) y Nogoyá (comprende el departamento de Nogoyá) (Figura 1).

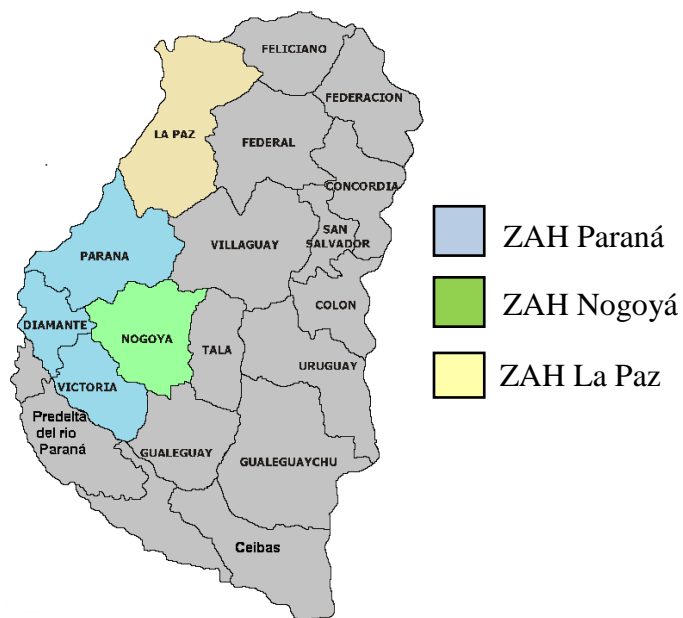


Figura 1: Delimitación de las Zonas Agroeconómicas Homogéneas de Entre Ríos consideradas en el área de estudio.

Según la metodología propuesta por van Barneveld (1973), modificada en las categorías de interpretación y en sus definiciones (Tasi y Bedendo, 2008), la aptitud de las tierras se puede evaluar según las siguientes características:

- Muy aptas (MA): sin o con muy leves limitaciones (principalmente erosión hídrica).
- Aptas (A): con leves y moderadas limitaciones (principalmente erosión hídrica).

- c) Potencialmente aptas (PA): con moderadas y/o severas limitaciones (principalmente altos contenidos de arcillas expandibles, drenaje interno impedido, drenaje superficial deficiente, erosión hídrica).
- d) Condicionalmente aptas (CA): con limitaciones tales que en la situación actual no son aptas, pero pueden serlo si se incorporan tecnologías adecuadas y económicamente factibles para atenuarlas.

Estas alternativas se evaluaron exclusivamente por su aptitud física, sin incluir la evaluación económica.

Las tres ZAH difieren en cuanto a su calidad de tierra en función de la aptitud agrícola (Figura 2)

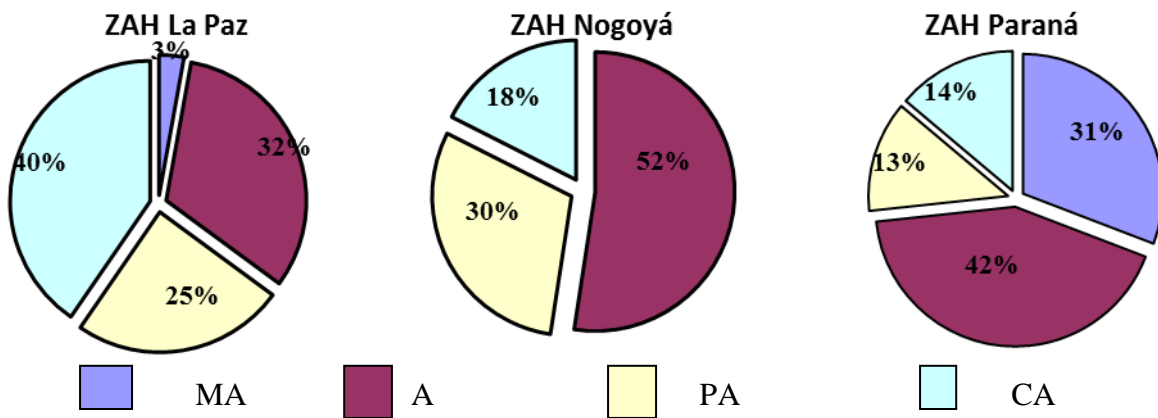


Figura 2: Aptitud agrícola de las tres ZAH.

En las tres zonas predominan los sistemas mixtos, que combinan el tambo con la agricultura (80% y 20% para cada actividad respectivamente). La rotación agrícola incluye soja de primera, trigo/soja de segunda y, en menor proporción, maíz (Engler et al, 2008).

### Descripción de los sistemas de producción de leche

Se consideraron tambos de baja escala de producción, que son los sistemas de producción de leche predominantes en cada una de las zonas, aunque con particularidades propias para cada una de las ZAH consideradas (Litwin et al, 2011).

En general, los tambos son de base pastoril con suplementación estratégica de heno de alfalfa, silo de maíz o sorgo, balanceado comercial, granos y subproductos de la agroindustria regional. En la ZAH Paraná predomina el silaje de maíz de planta entera mientras que en las ZAH Nogoyá y La Paz es más frecuente el uso del sorgo, por tratarse de un cultivo que presenta un mayor grado de adaptación a restricciones edafo-climáticas. Las pasturas que predominan de alfalfa pura en la ZAH Paraná y consociada con lotus en las ZAH Nogoyá y La Paz. Las pasturas se fertilizan generalmente a la siembra con fosfato diamónico y tienen una durabilidad total de tres años. El mantenimiento de las praderas implantadas incluye de 3 a 4 desmalezadas mecánicas y no es habitual la refertilización.

La instalación de ordeño predominante en estos tipos de sistemas de producción, es un tinglado de tres paredes con piso de hormigón con 6 bajadas o unidades de ordeño, que circulan hacia una línea de leche alta. No tienen ningún sistema de refrescado de la leche cruda previo al ingreso al equipo de frío, que en promedio tiene capacidad de almacenar 1600 litros. Presentan un bajo nivel de tecnificación: no cuentan con mixer para mezclar y/o distribuir raciones, ni pala hidráulica, implemento comúnmente utilizado para la distribución del silaje. Tampoco realizan tratamiento de los efluentes del ordeño.

La mano de obra es exclusivamente familiar, así como el gerenciamiento de la empresa. La familia es quien toma las decisiones, realiza las tareas administrativas de cualquier explotación y se encuentra abocada al ordeño y la alimentación del rodeo (Tabla 1)

Tabla 1. Características productivas de los sistemas tamberos de cada ZAH de Entre Ríos considerada en el estudio.

	<i>ZAH Paraná</i>	<i>ZAH Nogoyá</i>	<i>ZAH La Paz</i>
Superficie vaca total (ha)	66	62	59
% superficie destinado a recría	25%	28%	32%
Uso suelo tambo			
.Verdeo avena	10%	10%	10%
.Verdeo raigras	7%	8%	7%
.Verdeo soja forrajera	5%	5%	5%
.Verdeo sorgo forrajero	0%	3%	0%
.Maíz para silo planta entera	16%	0%	0%
.Sorgo para silo planta entera	0%	10%	10%
.Pasturas permanentes	54%	51%	49%
.Campo natural	19%	23%	28%
Carga (VT/ha VT)	1	0,93	0,90
Carga (Cab/ha)	1,5	1,28	1,25
Uso del suelo agrícola			
.Soja de primera	43%	57%	57%
.Soja de segunda/ Trigo	44%	32%	28%
.Maíz	13%	11%	15%

### ***Modelo de simulación***

Se diseñó el modelo de simulación probabilística que representa a un tambo mixto con agricultura. Para cuantificar el riesgo del planteo lechero, se identificaron las variables independientes y dependientes de la ubicación geográfica. Se establecieron otras dependencias



funcionales entre las variables del modelo y se seleccionaron las variables aleatorias que incorporan el riesgo e incertidumbre al sistema.

Como primer paso, se identificaron las variables de entrada cuya variabilidad afecta en mayor medida el resultado de la empresa agropecuaria. Estas variables se clasificaron en dos grupos: variables productivas y variables económicas:

- a) Las variables productivas son están relacionadas con los factores climáticos y de manejo como ser: la productividad de los cultivos agrícolas y de los recursos forrajeros en kilogramos de materia seca por hectárea (KgMS/ha), la proporción de vacas en ordeño con respecto a las vacas totales, expresada en forma porcentual (%VO/VT) y la productividad de los cultivos agrícolas (q/ha).

Las distribuciones fueron ajustadas mediante opiniones de expertos (Barbagelata, P., Brassesco, R., Dupleich, J., Ferrer, J., Heinze, M., Kuhn, M., Marnetto, M. J.; Martínez, E., Raspo, M., Trulls, B. y Vallejos, M.; Veik V. Comunicación Personal) y en el caso de rendimientos de cultivos agrícolas se utilizaron las series de datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos (SIBER, BOLSACER, 2013). En todos los casos se aplicaron distribuciones de tipo Pert.

- b) Las variables económicas son los precios de los insumos y de los productos. Dentro de los primeros se consideró el balanceado comercial (\$/kg) mientras que para los productos, el precio de la leche (\$/l) y de la producción agrícola (\$/q).  
Las distribuciones fueron ajustadas mediante la series de precios que mensualmente publica AACREA, actualizados mediante el IPIM a pesos constantes de abril de 2014.

La cuantificación del riesgo se realizó mediante un modelo basado con la técnica de simulación probabilística llamada simulación Monte Carlo. El modelo se desarrolló con Microsoft Excel mientras que la simulación Monte Carlo se realizó con el software @Risk v. 5.7 Palisade Inc.

Se identificaron las variables de resultado (variables de salida) que se clasifican en tres grupos: productivas, ambientales y económicos.

- a) Variables de resultado productivas:
  - La producción anual de leche (l/año): es el resultado de la multiplicación de la producción individual promedio por el número de vacas en ordeño por los 365 días del año.
  - Productividad por vaca total (l/VT/año): es la producción anual dividida por las cabezas de VT
  - Productividad por hectárea VT (l/ha VT/año): es la producción anual dividida por las hectáreas dedicadas a las VT
  - Los gramos de alimentos concentrados por litro de leche (g/l): surge de dividir los kilos de alimentos concentrados que se suministran a las VO por los litros de leche que producen diariamente.
  - Proporción de forraje verde consumido por hectárea (%): es el porcentaje de materia seca proveniente de praderas polifíticas y verdes pastoreados por las VT en relación al total de alimentos (suma de forraje verde, conservado y concentrado).
- b) Variables de resultado ambientales (Viglizzo, 2006):

- Balance de nitrógeno (kg N/hectárea): diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral en el sistema. En el cálculo de los egresos se consideró el nutriente exportado a través de los productos: carne, grano y leche. Las vías de ingreso de nitrógeno consideradas fueron los fertilizantes y alimentos importados desde fuera del predio, agregándose para nitrógeno la fijación biológica por leguminosas (Racca et al 2001) y el nitrógeno proveniente de las precipitaciones.
  - Eficiencia de uso de energía fósil (MJ de energía fósil consumida/MJ producto por año): relación insumo/producto obtenida a partir del cociente entre el consumo de energía fósil y el contenido energético de los productos generados por las actividades correspondientes. Cuanto más baja sea esta relación, más eficiente será el sistema productivo. Es un indicador de intensificación de los sistemas.
  - Emisión de gases efecto invernadero (kg CO<sub>2</sub> equivalente/hectárea): se estimó a partir de tres fuentes de emisión: materia orgánica de los suelos y su tenor de carbono, producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), resultantes de actividades agrícolas y ganaderas, y producción de CO<sub>2</sub> por consumo de energía fósil. Estas emisiones se valoraron en forma conjunta mediante coeficientes según su potencial de calentamiento global, que los convirtieron en emisión de CO<sub>2</sub> equivalente.
- c) Variables de resultado económico (INTA 2009):
- Margen bruto agricultura: es el resultado de la diferencia entre ingresos brutos y costos directos de la actividad agrícola.
  - Margen bruto tambo: es el resultado de la diferencia entre ingresos brutos y costos directos de la actividad tambo.
  - Ingreso Neto: es la diferencia entre el resultado operativo y las amortizaciones.
  - Ingreso al capital: es el ingreso neto descontado el costo de oportunidad de la mano de obra familiar.

### **Correlaciones entre las variables**

En los modelos de simulación, la omisión de las correlaciones existentes entre variables provoca que se subestime o sobreestime el riesgo. Esto se debe a que, sin no se correlacionan variables que en realidad están correlacionadas, se pueden generar pares de valores que nunca se observarían en la realidad. Se generó una matriz de correlación de precios de los productos, a partir de la serie de precios corrientes publicados por AACREA y una matriz de rendimiento de los cultivos por zona, de acuerdo a las series publicadas por la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

### **Funcionamiento del modelo**

El modelo calcula la producción de leche individual (litros de leche por vaca en ordeño por día a partir de un balance entre oferta forrajera y demanda del rodeo expresado en energía metabolizable y proteína bruta.

La ZAH y el riesgo climático determinan la disponibilidad de forraje verde de la rotación forrajera del sistema productivo. El modelo permite un consumo máximo de 14 kilogramos de materia seca de forrajes verdes en pie, suministra rollos de pradera propios, si se logran

confeccionar y si faltan más de dos kilogramos de fibra detergente neutro y hasta cuatro kilogramos totales de dicho alimento. Además, permite la utilización de silaje de cultivos de verano de planta entera hasta completar la demanda de fibra o un máximo de ocho kilogramos de materia seca de silaje. Por otra parte, de origen externo, ingresan al sistema seis kilogramos de alimento concentrado (balanceado comercial 13% de proteína bruta) por vaca en ordeño por día.

En caso de sequía en que la producción de forraje verde del sistema se vea disminuida, es posible que ingresen como oferta de forraje de origen externo rollos, respetando la restricción de 4 kilogramos de materia seca totales por vaca en ordeño por día. Asimismo, se produce la venta de vaquillas, reduciendo el plantel de la recria para disminuir la demanda de dichas categorías.

Por otra parte, el modelo calcula la demanda animal de alimentos los requerimientos de las vacas en ordeño, las vacas secas y las vaquillonas de la recria. Se tomó como objetivo productivo, 25 litros por vaca en ordeño por día. Los requerimientos nutricionales del rodeo se calcularon con fórmulas derivadas de las tablas publicadas en el programa RACION®.

Los gastos directos del tambo se refieren a los gastos de alimentación y suplementación: implementación de forrajes, confección y compra de reservas y compra de balanceado comercial. Asimismo se contabilizan los gastos de sanidad y honorarios veterinarios, mano de obra directa del tambo, mantenimiento e higiene de las instalaciones de ordeño, combustible y energía, gastos de comercialización.

Los ingresos del tambo se calculan en función de los litros de leche vendidos y los animales de descarte (vacas y terneros calostrados); todas variables aleatorias; y el precio respectivo de estos productos, siendo solamente el de la leche aleatorio.

Mientras que los gastos directos de la agricultura corresponde a labores contratadas, semillas, agroquímicos, fertilizantes, cosecha y comercialización. Los ingresos de la agricultura se calculan en función de la producción y los precios de los granos, ambos tipos de variables son aleatorias.

Los gastos de estructura corresponden a impuestos, seguros y patentes, arrendamiento, mano de obra de estructura, asesoramientos contables y agronómicos, movilidad, servicios y gastos de admisión.

La simulación se realizó con 10.000 iteraciones por ZAH. Con esta cantidad de iteraciones los coeficientes de variación obtenidos resultaron estables entre las diferentes simulaciones, lo que fue validado mediante el test de convergencia del modelo.

## Resultados

Se presenta el resultado esperado (media), el mínimo y el máximo de las variables productivas, económicas y ambientales para las tres ZAH consideradas en el presente trabajo. Los resultados se detallan a nivel de actividades (agricultura y tambo) y a nivel de sistema de producción (Tablas 2, 3 y 4 respectivamente).

Tabla 2. Variables productivas, económicas y ambientales para el sistema tambo mixto de la ZAH Paraná

---

	Min (5%)	Media	Máx (95%)
--	----------	-------	-----------

<b>Variables productivas</b>				
Producción anual de leche (l/año)		330.800	372.718	406.600
Productividad por VT (l/VT/año)		5.898	6.651	7.258
Productividad por ha VT(l/haVT/año)		5.839	6.585	7185
Gramos de concentrado por litro de leche (g/l)		234	259	295
Proporción de forraje verde consumido por ha (%)		42	46	51
<b>Variables económicas</b>				
Margen bruto agricultura (\$/ha)		540	2.368	4.340
Margen bruto tambo (\$/ha)		4260	5.499	6.438
Ingreso neto (\$/ha)		1.739	2.739	3.546
Ingreso al capital (\$/ha)		-1.155	-153	653
<b>Variables ambientales</b>				
Balance de nitrógeno (kg N/ha)	Agricultura	-52	-21	16
	Tambo	157	166	175
	Sistema	113	123	133
Eficiencia en el uso de la energía	Agricultura	0,23	0,28	0,36
	Tambo	2,38	2,58	2,92
	Sistema	1,32	1,48	1,67
Emisión GEI (kg eq CO2/ha)	Agricultura	1.749	1.940	2.097
	Tambo	22.203	23.305	24.321
	Sistema	17.406	18.254	19.035

Tabla 3. Variables productivas, económicas y ambientales para el sistema tambo mixto de la ZAH Nogoyá

		<b>Min (5%)</b>	<b>Más probable</b>	<b>Máx (95%)</b>
<b>Productivas</b>				
Producción anual de leche (l/año)		267.900	319.100	360.900
Productividad por VT (l/VT/año)		4.976	5.927	6.704
Productividad por ha VT(l/haVT/año)		4.628	5.512	6.235
Gramos de concentrado por litro de leche (g/l)		240	278	335
Proporción de forraje verde consumido por ha (%)		43	48	51
<b>Económicas</b>				
Margen bruto agricultura (\$/ha)		280	2.110	4.000
Margen bruto tambo (\$/ha)		3300	4840	6.000
Ingreso neto (\$/ha)		1.033	2.288	3.298
Ingreso al capital (\$/ha)		-1.860	-604	405
<b>Ambientales</b>				
Balance de nitrógeno (kg N/ha)	Agricultura	-48	-16	-23
	Tambo	125	132	138
	Sistema	89	98	107
Eficiencia en el uso	Agricultura	0,29	0,36	0,47

de la energía	Tambo	2,50	2,78	3,29
	Sistema	1,52	1,74	2,00
Emisión GEI (kg eq CO <sub>2</sub> /ha)	Agricultura	1.664	1.862	2.021
	Tambo	17.923	18.461	18.958
	Sistema	14.109	14.525	14.909

Tabla 4. Variables productivas, económicas y ambientales para el sistema tambo mixto de la ZAH La Paz.

		Min (5%)	Más probable	Máx (95%)
<b>Productivas</b>				
Producción anual de leche (l/año)		235.300	288.300	334.300
Productividad por VT (l/VT/año)		4.569	5.559	6.492
Productividad por ha VT(l/haVT/año)		4.113	5.040	5.843
Gramos de concentrado por litro de leche (g/l)		245	292	359
Proporción de forraje verde consumido por ha (%)		44	49	53
<b>Económicas</b>				
Margen bruto agricultura (\$/ha)		10	1.675	3.480
Margen bruto tambo (\$/ha)		2.550	4.140	5.490
Ingreso neto (\$/ha)		461	1.758	2864
Ingreso al capital (\$/ha)		-2.432	-1.134	29
<b>Ambientales</b>				
Balance de nitrógeno (kg N/ha)	Agricultura	-37	-6	30
	Tambo	117	123	129
	Sistema	86	93	102
Eficiencia en el uso de la energía	Agricultura	0,31	0,39	0,50
	Tambo	2,57	2,95	3,52
	Sistema	1,60	1,83	2,13
Emisión GEI (kg eq CO <sub>2</sub> /ha)	Agricultura	1.618	1.804	1.962
	Tambo	16.689	17.134	17.544
	Sistema	13.152	13.497	13.813

En términos relativos productivos y económicos, la ZAH Paraná tiene mejores resultados que la ZAH Nogoyá y que la ZAH La Paz. La ZAH Paraná presenta una mayor carga animal con respecto a las otras dos zonas y una mayor producción individual (l/VO/día), obteniendo una mayor producción global de leche (17% comparativamente con Nogoyá y 29% con respecto a La Paz). Debido a que el nivel de suplementación con alimentos concentrados es similar en las tres zonas, en la zona Paraná, la eficiencia en el uso de los mismos es mayor. Al analizar la distribución de los indicadores físicos, se observa que esta zona presenta los mejores resultados productivos y la menor variabilidad (Figura 3).

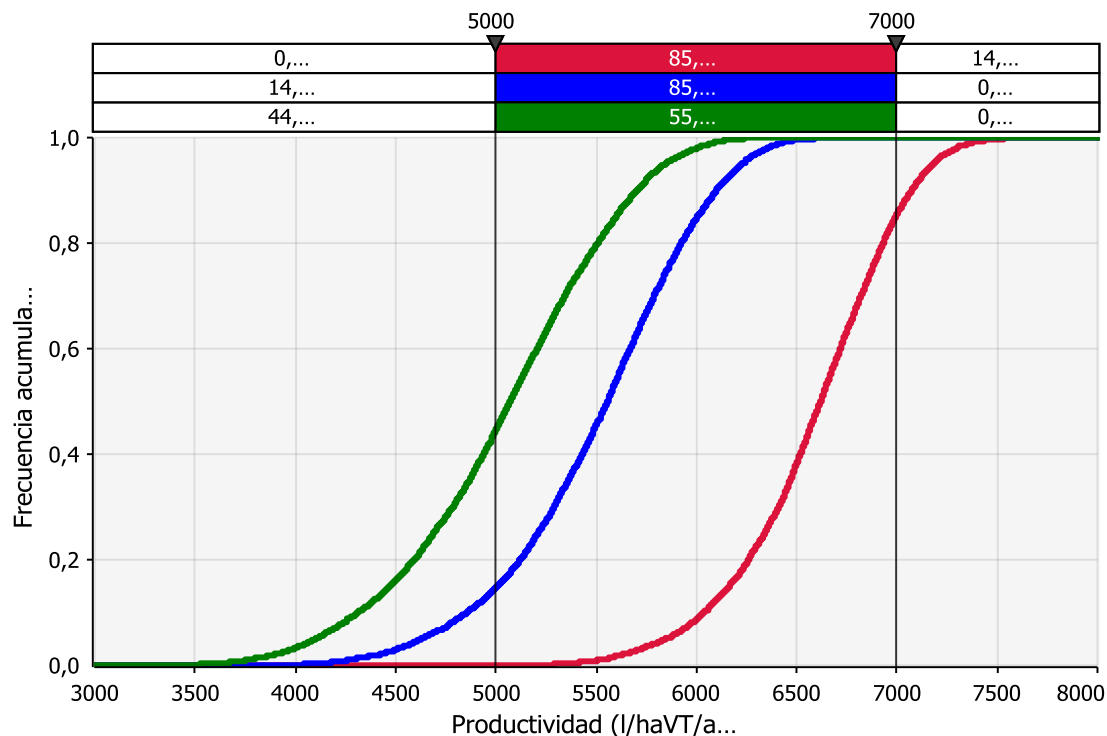


Figura 3: Frecuencia acumulada de productividad (l/haVT/año) en las tres zonas analizadas.

Este mayor nivel de producción impacta en el margen bruto, que resulta ser superior en un 14% con respecto al tambo de la zona Nogoyá y en un 33% con respecto a La Paz. Las diferencias de rendimiento agrícola en las tres zonas (principalmente del maíz) se ven reflejadas en los márgenes brutos de la actividad según las zonas. En todas las zonas el ingreso neto promedio (\$/ha) es positivo. Al descontar la retribución a la mano de obra familiar para calcular el ingreso al capital, el tambo de las zonas Nogoyá y La Paz presentan valores medios negativos. Esto indica que estos sistemas de producción no logran retribuir la mano de obra familiar empleada en la empresa tampera (Figura 4)

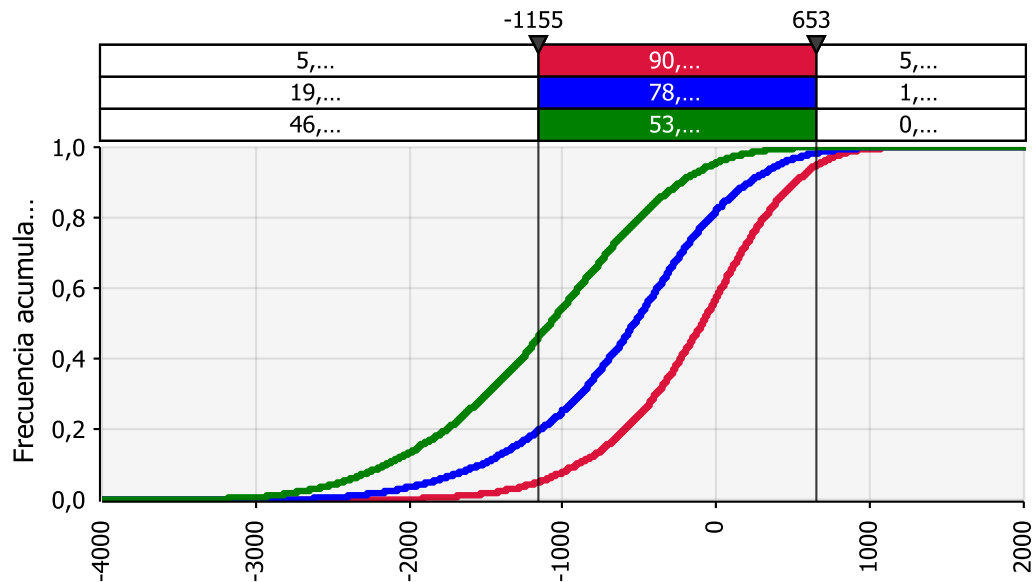


Figura 4: Frecuencia acumulada del ingreso al capital (\$/ha) en las tres zonas.

Al analizar los indicadores ambientales seleccionados, se observa que en el caso de la Eficiencia en el Uso de la Energía Fósil, es el único caso en que su comportamiento es en el mismo sentido que los indicadores de resultado productivo y económico. Es decir que el sistema de la zona Paraná presenta el mejor indicador de eficiencia energética (1,48) con respecto a las zonas 2 y 3 (1,74 y 1,83 respectivamente) (Figura 5).

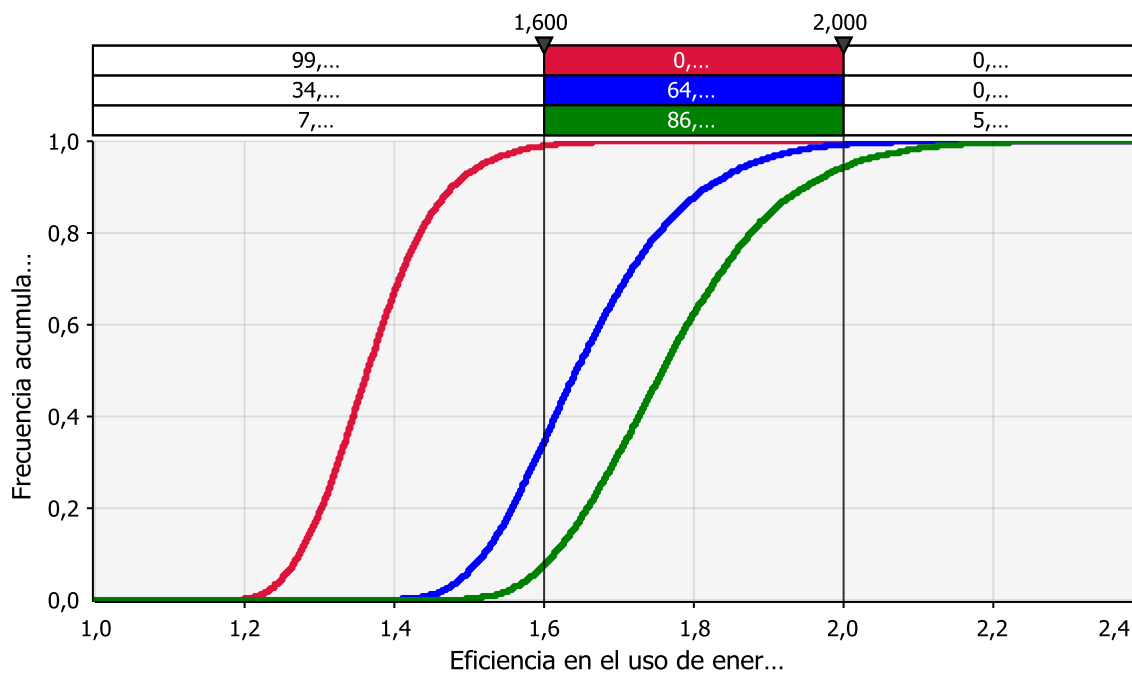


Figura 5: Frecuencia acumulada de la eficiencia en el uso de la energía en las tres zonas

En otro sentido, el balance de nitrógeno y la emisión de gases efecto invernadero, presentan un comportamiento contrario: cuanto mayor es la productividad y los resultados económicos, niveles más altos de nitrógeno permanecen en el sistema, con el consiguiente riesgo de contaminación de aguas subterráneas, y mayor emisión de gases de efecto invernadero (Figura 6).

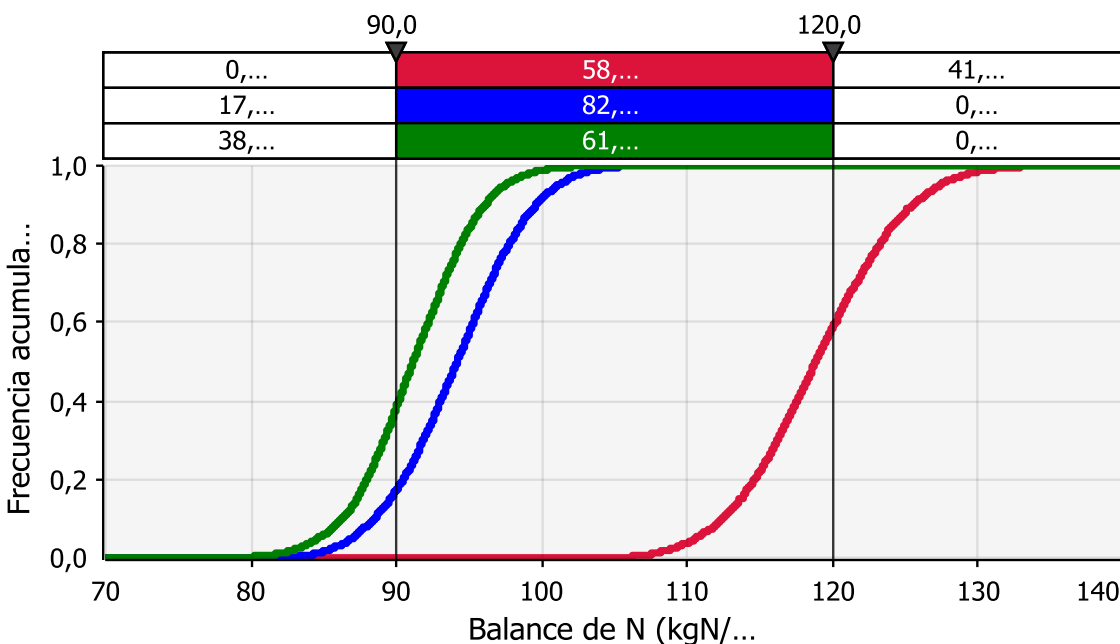


Figura 6: Frecuencia acumulada del balance de nitrógeno (kgN/ha) en las tres zonas.

## Conclusión

Las diferencias agroecológicas entre las zonas descritas plantean la necesidad de analizar las características particulares de cada una y su impacto en el sistema desde una visión integral que contemple aspectos productivos, económicos y ambientales.

El sistema tambero analizado es aquel que combina la actividad de producción de leche y la producción agrícola. Para cada una de las actividades del sistema, los indicadores ambientales considerados en el presente trabajo son diferentes. El balance positivo de los nutrientes en el tambo representa una oportunidad de reutilización que hace tiempo es objeto de estudio.

La evaluación de variables de resultado de impacto ambiental tiene un papel crítico en el establecimiento de prioridades regionales, sectoriales y nacionales. El establecimiento de prioridades de acciones se debería basar en el concepto de sustentabilidad considerando los resultados de la evaluación ambiental, el análisis económico y social.

Por lo tanto es esencial identificar cuáles problemas ambientales son los más severos y requieren una atención urgente, como también cuáles intervenciones son las más efectivas y



económicamente más favorables. Esta información, a su vez, ayuda a los hacedores de políticas a desarrollar mejores herramientas de manejo y gestión del medio ambiente y de los recursos naturales.

Actualmente existen prácticas agronómicas de menor impacto negativo en el ambiente, algunas de gran difusión y otras que aún no cuentan con un grado importante de adopción por parte de los productores. La evaluación de alternativas de producción se torna necesaria para analizar conveniencias privada y social (orientación a políticas) considerando la sustentabilidad económica y ambiental. Con este modelo, un decisor puede evaluar el impacto de eventuales herramientas para manejar el riesgo en las tres dimensiones de la sustentabilidad.

## **Bibliografía**

Alvarez, H.J., Pece, M. A., Larripa, M. J., Dichio, L., Martínez, M. J. y Galli, J. R.. 2010. Cambios en la estructura productiva de un grupo de tambos de la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) a lo largo de las tres últimas décadas. II Congreso Internacional de Desarrollo Local y I Jornadas Nacionales de Ciencias Sociales y Desarrollo Rural. ISBN 978-987-1635-13-9.

Atkinson, D. and C.A. Watson. 1996. The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Anim. Sci.*, 63: 353-361.

Barneveld G. W. Van. 1973. Evaluación de las tierras. Propuesta de una metodología estandarizada para múltiples fines rurales. Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. Proyecto PNUD/FAO/INTA ARG/68/526 (mimeografiado), 37p.

Barzev, R. 2002 Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Corredor Biológico Mesoamericano – CCAD. Serie Técnica N°4.

Berdegú J. y Ramírez, E. (compiladores) 1995. Investigación con enfoque de sistemas en la agricultura y el desarrollo rural. RIMISP, 370 p. Santiago de Chile.

Berentsen, P.B y Giesen, G.W. 1995. An environmental –economic model at farm level to analyze institutional and technical change in dairy farming. *Agricultural Systems* N° 49 156-175.

Boussard, J. 2002. Modelling agriculture: which model for which purpose?. *Modelización Económica en el Sector Agropecuario*, Vicién, C y S, Peri Ed. Orientación Gráfica, Buenos Aires, 2002.

Casas, R.R. 2001. La conservación de los suelos y la sustentabilidad en los sistemas agropecuarios. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinario*, Buenos Aires Vol 55, N°1:199-245.

Centeno, A. 2013. Intensificación en el tambo. ¿Qué cambió? Hoja de información técnica N°33 INTA UEEA San Francisco. Julio de 2013. ISSN: 2250-8546.

Cursack, A.M.; Castignani, M.I. Travadelo, M.; Osan, O., Suero, M y Castignani, H. 2009. TAMBO 2006: Sistema de apoyo a la toma de decisiones en empresas predominantemente lecheras. 38° JAIIO Congreso Argentino de Agroinformática (CAI 2009) pp 196-210.

Díaz-Zorita, M. y M. Barraco. 2002. El balance de P en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana. [http://www.produccion-animal.com.ar/suelos\\_ganaderos/47-balance\\_p.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/47-balance_p.htm) Activo: Mayo 2011.

Engler, P. y Vicente, G. 2011. Modelos de optimización para evaluar la sustentabilidad económica y ambiental en sistemas agrícolas de Entre Ríos. Modelización económica en el sector agropecuario. Ed. Carmen Vicien, Susana Pena de Ladaga y Gerardo Petri pp.131-149.

Engler, P.; Rodriguez, M.; Cancio, R.; Handloser, M. y Vera, L. 2008. Zonas Agroecológicas Homogéneas de Entre Ríos. Descripción ambiental, socioeconómica y productiva. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y los recursos naturales. ISSN 1851-6955. N6..

Fiel, B.C.1995. Economía Ambiental. Una introducción. Editorial McGraw Hill.

Flores C. y S. Sarandon (2002). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica?: El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata) 105(1):52-67

Gil, S., Herrero, M., Flores, M., Pachoud, M. y M. Hellmers. 2009. Intensificación agropecuaria evaluada por indicadores de sustentabilidad ambiental Archivos de Zootecnia versión impresa ISSN 0004-0592 Arch. zootec.v.58 n .223 Córdoba sep. 2009

Gobierno de Entre Ríos. 2013. Transparentan los costos de la cadena de valor láctea. Artículo publicado en la página web:  
[http://www.entrerios.gov.ar/minpro/index.php?cod=836&noticia=ver\\_noticia&modulo=noticia](http://www.entrerios.gov.ar/minpro/index.php?cod=836&noticia=ver_noticia&modulo=noticia). Activo en julio de 2014.

Greine, Patterson y Miller, 2009. Motivations, risk perceptions and adoption of conservation practices by farmers. Agricultural Systems 99 (2), 86-104.

Herrero, M.A., Sardi, G.; V. Maldonado May, M. Flores, A. Orlando y L. Carbó. 2000. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses-II- Condiciones de manejo y grado de contaminación. Rev. Arg. Prod. Anim., 20: 237-247.

Herrero, M.A.; Gil, S.B.; Flores, M.C.; Sardi, G.M.; Orlando, A.(2006) Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina, Rev. InVet Investigación Veterinaria 8(1):9-21

INTA. 2010. Boletín N° 4 del Proyecto Lechero Entrerriano (Octubre de 2010). . Artículo publicado en página web:  
[http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion\\_animal/lecheria/boletines/10412\\_101101\\_Boctubre.pdf](http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_animal/lecheria/boletines/10412_101101_Boctubre.pdf). Activo en julio de 2011

Litwin, G. 2010. Sistemas tamberos entrerrianos. Escenarios de adopción tecnológica y su influencia en los precios de referencia por litro de leche cruda. Tesis para optar por el grado de Magister en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Julio de 2010.

Litwin, G., Engler, P., Barbagelata, P., Ferrer, J., Heinze, M., Brassesco, R., Marnetto, M. y Pautasso, J. 2011. Sistema mixto tambero agrícola familiar. En Modelización de sistemas de producción de Entre Ríos: Estudio económico y de riesgo. INTA. 2011.

Litwin, G y Engler, P. 2011. Simulación técnica económica y ambiental de sistemas lecheros en Entre Ríos. Comunicación. 34° Congreso Argentino de Producción Animal – 1st Joint Meeting ASAS – AAPA. En prensa.

Martínez Alier, J.1998. Curso de Economía Ecológica. Red de Formación Ambiental, Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental N°1. PNUMA. Disponible en [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar). Activo en julio de 2011.

Plan mapa de suelos de la Provincia de Entre Ríos. 1984. Suelos y erosión de la Provincia de Entre Ríos - Proyecto FAO/PNUD/INTA ARG/68/526. Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N°1, 3° Edición INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná, 192 pp.

Racca R., Collino D., Dardanelli J., Basigalup D., González N., Brenzoni E., Hein N. y M. Balzarini 2001. Contribución de la fijación biológica de nitrógeno a la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana. Ediciones INTA. ISBN 987-521-045-5. 56 p.

RACION®. Requerimientos nutricionales de vacas lecheras. INTA

SAGPYA y CFA. 1995. El deterioro de las tierras de la República Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación y Consejo Federal Agropecuario, Buenos Aires. Argentina

Sanchez, C., Suero, M., Castignani, H., Terán, J. y Marino, M. 2012. La lechería argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011). XLIII Reunión Anual de Economía Agraria. Corrientes, Argentina.

SANCOR. 2013. Programa de desarrollo tecnológico. Conclusiones a partir de los resultados del ejercicio 2012. Material entregado en III Congreso del Programa de Desarrollo Tecnológico. 15 y 16 de agosto de 2013. Tanti, Córdoba

SIBER, BOLSACER, 2014. Estadísticas de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos. Publicadas en la página web: <http://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/estadisticas.php>. Activo en Julio de 2014.

Sweeten, J.M., T.H. Marek and D. McReynolds.1995. Groundwater quality near two cattlefeedlots in Texas High Plains: a case study. Am.Soc. Agric. Eng.,11: 845-850

Tasi, H y Bedendo. D. 2008. Aptitud agrícola de las tierras de la provincia de Entre Ríos. EEA Paraná. Serie de Extensión N° 47. Marzo de 2008. ISSN 0325-8874.

Taverna, M.A. 2010. Programa Nacional de Leche. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Taverna, M., Charlón, V., Panigatti, C., Castillo, A., Serrano, P., Giordano, P. 2004. Manual sobre el manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes locales sanos. Ed. INTA ISBN 987-521-121-4, 75 pág

Vicente, G. Engler, P y Jaubertie, C. 2010. Valorización económica del carbono secuestrado en el Distrito Ñandubay de Entre Ríos como herramienta para un ordenamiento territorial. En: Laterra, P., E. Jobbágy y J. Paruelo (Eds.), El Valor Ecológico, Social y Económico de los Servicios Ecosistémicos. Conceptos, Herramientas y Estudio de Casos. Ediciones INTA.

Viglizzo, E., Frank, F. y S. Cabo. 2001. Aproximación metodológica al análisis de la gestión ambiental de empresas rurales mediante indicadores de sustentabilidad. Programa Nacional de Gestión Ambiental INTA.

Viglizzo, E, F Frank, J Bernardos, D Buschiazso, S Cabo 2006. Environmental assessment of commercial farms in the Pampas of Argentina: a method looking at ecological certification. Ecosystems Monitoring and Assessment 117:109–134.

Vitti, D., Ybran, R. y Lacelli, G. 2010. Evaluación de Gestión ambiental de Empresas agropecuarias en el Departamento General Obligado mediante indicadores de sustentabilidad. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/informe\\_indicadores\\_sustentabilidad.pdf](http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/informe_indicadores_sustentabilidad.pdf)

Vose, D. 1996. Quantitative risk analysis: A guide to Monte Carlo simulation modelling. John Wiley&Sons Ltd. ISBN 0-471 95803-4. England.

@Risk. 2010. @Risk v. 5.5 Software de análisis de riesgo. Palisade Inc.