

## Sustentabilidad y estudio del riesgo asociado a los sistemas de producción de leche del departamento Paraná de Entre Ríos [PID 2210](#)

Patricia Engler<sup>1</sup>; Renzo Cumar<sup>1</sup>; Isabel B. Truffer<sup>1</sup>; Marta E. Handloser<sup>1</sup>; Victoria Facendini<sup>1</sup>; Vicente G. Ramón<sup>1</sup>; Manuel Izaguirre Pons<sup>1</sup>; Alejandra Cuatrín<sup>2</sup>; Marcelo Wilson<sup>2</sup>

Autores: <sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta Pcial. N° 11 Km 10,5 Oro Verde - Entre Ríos (3100). <sup>2</sup>Estación Experimental Agropecuaria Paraná Instituto, Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA EEA Paraná) Ruta 11 Km. 12,5 3101 Oro Verde, Entre Ríos  
Contacto: [patricia.engler@uner.edu.ar](mailto:patricia.engler@uner.edu.ar)

**ARK:** <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/7exfvmbhh>

### Resumen

El objetivo general del proyecto fue aportar al conocimiento y evaluar factores que afectan la sustentabilidad y el riesgo asociado según perfiles de sistemas de producción de leche en el departamento Paraná de la provincia de Entre Ríos. A partir de bases de datos de tambos de la zona de estudio, se elaboraron 3 tipos de sistemas de producción según eficiencia y escala, que fueron utilizados para cargar diferentes modelos de simulación, determinísticos, estocásticos y de programación multicriterio. Se modelizaron indicadores de sustentabilidad y de riesgo asociado según escenarios simulados. Se identificaron y evaluaron tecnologías posibles que mejoren los resultados económicos y ambientales. Los resultados muestran que la eficiencia y la escala de los sistemas son los dos factores determinantes de los resultados económicos, ambientales y de riesgo asociado. Los sistemas de producción de baja escala y eficiencia, según distintas relaciones de precios, obtienen hasta 5 veces menos renta y tienen un 90,5 % de probabilidad de que este indicador económico sea negativo. Por otra parte, se encontró conflicto entre margen económico y emisiones de gases de efecto invernadero, pudiéndose mitigar los niveles de emisión con bajo impacto económico mediante estrategias productivas como rotación con praderas y reserva de monte nativo.

**Palabras clave:** lechería, sustentabilidad, riesgo, modelización estocástica

## Objetivos propuestos y cumplidos

### Objetivo general

Aportar al conocimiento y evaluar propuestas de gestión de factores que afectan la sustentabilidad y el riesgo asociado según perfiles de sistemas de producción de leche en el departamento Paraná de Entre Ríos.

### Objetivos específicos

1. Revisar y adaptar metodologías de cálculo para indicadores de sustentabilidad a nivel de sistemas de producción de leche.
2. Encontrar tipologías de sistemas de producción de leche en el departamento Paraná.
3. Desarrollar un modelo de simulación estocástica como herramienta de evaluación de la sustentabilidad (económica, social y ambiental) de sistemas de producción de leche en el departamento Paraná, según las tipologías encontradas.
4. Analizar el riesgo productivo, ambiental y socio-económico de los tipos de sistemas de producción de leche, seleccionando las variables de mayor impacto en los resultados de sustentabilidad.
5. Evaluar propuestas de gestión para sistemas productivos de leche ante escenarios de intensificación y/o cambios de contexto que aporten a la mejora de indicadores de sustentabilidad y riesgo.

## Marco teórico y metodológico

El concepto de desarrollo sustentable fue propuesto en 1987 por la *World Commission on Environment and Development*, en lo que se conoce como Informe Brundtland. La literatura actual considera a la sustentabilidad como un concepto integrador y amplio que engloba aspectos económicos, socio-culturales y ambientales, útil para orientar el diseño de políticas públicas.

El uso de indicadores específicos para cada uno de estos aspectos es cada vez más reconocido como una herramienta útil para reflejar el funcionamiento de un sistema de producción. Los indicadores sintetizan, condensan, cuantifican y comunican información compleja y complicada (Singh et al., 2009; Berentsen y Giesen, 1995; Engler, 2018).

Van Calker et al. (2006) proponen la evaluación de la sustentabilidad a nivel de sistema de producción mediante la integración de atributos económicos (ingreso neto de la finca), sociales (seguridad alimentaria, condiciones laborales, entre otros) y ecológicos (calentamiento global, acidificación, contaminación del agua, entre otros) en una función de sustentabilidad, que agrega las evaluaciones de distintos grupos de actores: expertos, productores, consumidores, industriales y políticos. Cáceres (2004) utiliza indicadores ecológicos (fisonomía, erosión y cobertura vegetal) y socioeconómicos (ingreso familiar, seguridad alimentaria y articulación con el contexto), los cuales son integrados inicialmente en índices ecológico y socioeconómico y posteriormente son integrados en un índice global. García-Barrios et al. (2008) proponen la utilización de herramientas interactivas de simulación, acopladas a juegos de rol para que distintos actores puedan explorar escenarios y negociar decisiones para un manejo sustentable

de los recursos naturales. Basan su método en MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Mediante Indicadores de Sustentabilidad), considerando siete atributos relevantes para la sustentabilidad del manejo de recursos naturales establecidos por Conway (1987): productividad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad, confiabilidad, autonomía. Tommasino et al. (2012) presentan avances en la construcción de un sistema de indicadores analizando las dimensiones social, económica y ecológica en sistemas lecheros. Para la dimensión ecológica, los indicadores se relacionan con el agua, efluentes, suelo, uso de biocidas y biodiversidad.

A pesar de que varios autores han abordado la evaluación de la sustentabilidad a nivel de explotación, se coincide en que no existe un conjunto de indicadores universales que puedan ser utilizados para cualquier situación. Por lo tanto, estos deben construirse y adaptarse a la situación en análisis y ser adecuados para los objetivos propuestos (Sarandón et al., 2008; Litwin y Engler, 2011; Engler et al., 2011).

La dinámica de los sistemas es usualmente abordada a través del estudio de su evolución o trayectoria pasada o la elaboración de modelos que permiten simular el impacto de cambios endógenos o exógenos, planteando problemas del tipo *what if* (¿qué pasaría si?). En la primera forma de abordaje se insertan numerosos trabajos (Cloquell et al., 2007; Craviotti, 2007; Valenzuela y Vito-Scavo, 2009; Neiman, 2010; Román y González, 2011; Paz, 2011; Engler, 2018; Boussard, 2002), observándose en los últimos años el crecimiento de una corriente de pensamiento sobre la evolución de las explotaciones agropecuarias en la que se destaca la capacidad de adaptación de los productores para hacer frente a contextos de incertidumbre y cambio – ambiental, económico, político, etc. (Holling y Gunderson, 2002; Darnhofer et al., 2010; Meynard, et al., 2012; Zimmermann et al., 2009).

La utilización de modelos, además de permitir anticipar las consecuencias de cambios de contexto a corto y medio plazo sobre el funcionamiento y la evolución de los sistemas, resulta de gran ayuda en la comprensión de los procesos de innovación (Thornton y Herrero, 2001; Janssen y van Ittersum, 2007; Feitknecht, 2007; Klerkx, et al., 2012). La literatura actual da cuenta de un profuso desarrollo de modelos para estudiar el funcionamiento y la dinámica de los sistemas de producción, los que pueden agruparse dentro de tres grandes categorías: de simulación, de optimización y de soporte de decisión para productores y diseñadores de políticas (Pfister et al., 2005; Robertson et al., 2012).

El sector primario de producción de leche de Entre Ríos, al igual que en el resto del país, se caracteriza por la heterogeneidad de las unidades de producción, dada por el número de vacas totales, el nivel de tecnificación, el volumen de producción, la intensificación en el uso de los factores, la eficiencia de los sistemas de producción y la gestión (Cuatrin et al., 2022). Se tornó necesario realizar una tipología de sistemas de producción mediante técnicas de análisis multivariado. Se realizó un análisis de componentes principales, considerando las variables clasificatorias: vaca total (VT), superficie VT (ha VT), carga animal (VT/ha VT), productividad (l/ha VT/año), productividad del trabajo (equivalentes hombre -EH-) (l/EH) y litros libres de alimentación por unidad de superficie (LLA/ha VT) que surgen de restar de lo que producen diariamente las vacas, el costo de la alimentación convertido en litros. A partir de este análisis, se determinó la asociación de las variables y, mediante un análisis de conglomerados jerárquico, se procedió a agrupar los tambos utilizando la distancia Euclídea y el método Ward. Para identificar las variables asociadas a los conglomerados formados, se realizó

la prueba de Kruskal Wallis ( $p=0,05$ ). Se utilizaron tablas de contingencia para observar asociaciones o diferencias entre conglomerados (Infostat, 2020). Esta tipología fue validada a partir de *focus group* con referentes regionales. Además de ajustar y validar la tipología, se relevó la percepción sobre la problemática ambiental los y resultados económicos de los tambos de la región. Los indicadores de sustentabilidad que fueron analizados en este proyecto fueron:

1. Margen bruto (\$/ha o \$/año): diferencia entre ingresos brutos y gastos directos
2. Resultado operativo (\$/ha o \$/año): diferencia entre ingresos brutos y gastos directos y de estructura.
3. Ingreso neto o al capital (\$/ha o \$/año): diferencia entre resultado operativo y amortizaciones.
4. Costo de producción del litro de leche (\$/l): gastos + amortizaciones + intereses (costo de oportunidad o retribución al capital)
5. Rentabilidad (%): relación porcentual entre ingreso neto y capital total operado.
6. Balance de nitrógeno (kg/ha): diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de nitrógeno en el sistema. En el cálculo de los egresos se considerará el nutriente exportado a través de los productos: carne, grano y leche. Las vías de ingreso de nitrógeno consideradas serán los fertilizantes y alimentos importados desde fuera del predio y la fijación biológica por leguminosas.
7. Balance de fósforo (kg/ha): diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral en el sistema. En el cálculo de los egresos se considerará el nutriente exportado a través de los productos: carne, grano y leche. Las vías de ingreso de fósforo consideradas serán los fertilizantes y alimentos importados desde fuera del predio.
8. Eficiencia de uso de energía fósil: 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.
9. Emisión de gases efecto invernadero (kg de CO<sub>2</sub> eq/ha o por año): se estimará 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 valorarán en forma conjunta mediante coeficientes según su potencial de calentamiento global, que los convirtieron en emisión de CO<sub>2</sub> equivalente.

La metodología para el cálculo de los indicadores ambientales se tomó del Agroecoindex (Viglizzo et al., 2006) excepto emisión de GEI, que se basó en IPCC (2015).

Para el tratamiento del riesgo se emplearon metodologías exploratorias, tales como la determinación de probabilidades de ocurrencia de umbrales de ingresos netos tomando series de resultados mensuales durante un periodo de 4 años (2016–2020). Por otra parte, se utilizó la metodología de simulación Monte Carlo para cuantificación del riesgo (Vose, 1996). Las variables aleatorias que incorporan el riesgo e incertidumbre al sistema fueron: precio de la leche (\$/l) del balanceado comercial (\$/kg) y de los granos (\$/qq). Se ajustaron las distribuciones para estas tres variables según series de precios históricas (ACREA).

Por otra parte, se tomó el tambo medio sobre el cual se hicieron dos tipos de análisis: por un lado, se propuso un sistema teórico propuesto como senda de mejora y se evaluaron productivamente, ambientalmente (balance de fósforo, balance de nitrógeno, emisión de GEI) y económicamente (ingreso al capital, relación entre margen bruto y costo directo, y rentabilidad). El otro análisis consistió en realizar un modelo matemático de programación por metas ponderadas, de manera de poder analizar el conflicto, es decir, cuantificar el *trade off* entre indicadores económicos y la emisión de GEI, identificando medidas de políticas para mejorar los resultados de los sistemas de producción.

El modelo de programación desarrollado responde a la siguiente estructura algebraica:

$$Z = \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{n_i + p_i}{r_i} \right)$$

Sujeta a:

$$\sum_{j=1}^m c_{ij} x_j + n_i - p_i = g_i \quad \text{metas}$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i \quad \text{restricciones duras}$$

$$x_1; x_2; \dots; x_m; n_1; \dots; n_n; p_1, \dots; p_n \geq 0 \quad \text{condiciones de no negatividad}$$

donde: Z identifica la función de logro; w representa el peso o factor de ponderación dado a cada meta; r representa el rango en el nivel de aspiración utilizado para la normalización de los desvíos indeseados; x identifica a las variables de decisión; a identifica los coeficientes técnicos de las restricciones; g identifica el nivel de aspiración; b el parámetro de las restricciones; y el coeficiente  $c_{ij}$  identifica la contribución de la actividad j a la meta i.

El subíndice j (=1, ..., m) indica las variables de decisión y el subíndice i(=1,...,n) identifica las metas y las restricciones duras, si las hubiese (Romero, 1997).

Las metas consideradas fueron: margen bruto, costo total y emisión de gases de efecto invernadero.

### Síntesis de resultados

Se identificaron 3 conglomerados con diferencias que permiten caracterizarlos como sistemas: "chico eficiente", "chico, baja eficiencia" y "grande eficiente". El "grande eficiente" se asocia con mayor proporción de concentrados y forrajes conservados en la dieta de sus vacas, con relación al aporte del pastoreo. También posee mayor cantidad de vacas por unidad de ordeño y una tasa de mortandad total del rodeo superior, aunque no se observan diferencias en descarte y muerte de VT entre C. También en el "grande eficiente" existe mayor adopción en tecnologías, como el uso de servicios estacionados (30%) y de inseminación artificial (70%) para todo el rodeo, en contraposición a los otros conglomerados, donde en más de la mitad de los casos no las utilizan o solo lo hacen en una parte del rodeo. Las vacas en ordeño (VO) de "grande eficiente" y "chico eficiente" no muestran diferencias en producción individual (18,6 y 20,2 l/VO\*-

día respectivamente), pero las mismas son superiores a las de “chico, baja eficiencia” (17,1 l/VO\*día). En “grande eficiente” aparecen como más frecuentes los problemas de gestión empresarial y de operarios, en tanto en “chico eficiente” la preocupación de la mayor proporción de sus responsables se relaciona con el tamaño del tambo (baja escala) y la falta de capital. Este último aspecto se repite en el “chico, baja eficiencia”. No se observaron diferencias en percepciones de problemas de manejo del rodeo (salud, alimentación y reproducción).

La escala y eficiencia productiva son dos factores que condicionan los resultados económicos y ambientales y el riesgo asociado:

1. Se encontró que, para el periodo 2016–2020, sólo los sistemas grandes y medianos (más de 2.120 litros de leche producidos por día) cubrieron el costo de producción de corto plazo.
2. En el mismo análisis anterior, los sistemas más eficientes (40% más de producción de leche por unidad de superficie) tienen 5 veces más posibilidades de tener una rentabilidad positiva que los sistemas menos eficientes, siendo estadísticamente significativa la asociación entre la eficiencia y el resultado de la rentabilidad.
3. Con relaciones de precio de mayo de 2021, solo el sistema “grande eficiente” logró rentabilidad positiva, siendo el margen bruto 4 veces superior a “chico, baja eficiencia”.
4. Los sistemas “grande eficiente” y “chico eficiente” tienen mayores excedentes de nitrógeno y fósforo, resultando en potenciales riesgos de contaminación de cursos de agua, particularmente para el caso de nitrógeno. No se observaron diferencias significativas en eficiencia en el uso de energía fósil y emisión de GEI.
5. Se observó una marcada sensibilidad al riesgo según sistemas de producción. El riesgo, medido como la probabilidad de que el costo de producción (largo plazo) supere al precio de la leche, resultó ser del 90,5 % en los sistemas de baja escala y eficiencia, y del 15,7 % en los de mayor escala y eficiencia. Estos resultados fueron calculados tomando relaciones de precios de mayo de 2020.
6. Según relaciones de precio del periodo enero–mayo de 2022, los sistemas grandes y eficientes tienen solo el 13 % de probabilidad de que el resultado operativo alcance a cubrir amortizaciones y la retribución empresarial. En tanto, esta probabilidad fue del 41 % para sistemas chicos eficientes y del 65 % para chicos de baja eficiencia.
7. Al mejorar la eficiencia productiva mediante estrategias de intensificación en el uso de los factores que permitan incrementar la carga animal en un 60 % (de 1 a 1.6 VT/haVT) y la producción individual en un 15 % (de 20 a 23 l/VO/día), se logran incrementos en los resultados económicos de 234 a 1.246 \$/ha/año de ingresos al capital y de 0.53 % a 2.5 % de rentabilidad. Este planteo de intensificación en el uso de los factores impactó negativamente en indicadores ambientales tales como balance de nitrógeno (50 % más, siendo valores elevados en ambos modelos productivos) y emisión de GEI (34 % más), no habiendo encontrado cambios en el balance de fósforo.

8. Considerando solamente la emisión de GEI, llamada también huella de carbono, y el margen bruto, y un sistema promedio, los resultados de un modelo de programación multicriterio por metas ponderadas mostró que existe conflicto entre el margen bruto y la huella de carbono. A partir del análisis de la curva de transformación del modelo, entre margen bruto y emisión de gases de efecto invernadero, se observó que sacrificando el 10 % del margen bruto se puede mitigar el 33 % de la emisión de gases efecto invernadero, con un costo de oportunidad de 0.19 U\$S por tn eq CO<sub>2</sub>., alcanzando aproximadamente 5 U\$S para mitigar el 100 %.
9. Finalmente, se pudo observar que existe un amplio rango de mejora de la huella de carbono en relación con el resultado económico, pudiendo implementar estrategias de mayor captura de carbono como una mayor participación de pasturas hasta contar con un área con monte nativo que bien puede ser utilizado para categorías como la recría de vaquillonas de reposición y vacas secas.

## Conclusiones

Fue posible identificar tres tipos de sistemas de producción en el departamento Paraná, Entre Ríos, según eficiencia y escala. Estos dos factores son los determinantes en lograr resultados económicos, ambientales y de riesgo. Los sistemas más grandes y eficientes tienen mayores probabilidades de obtener resultados que cubran sus costos de producción y obtener rentabilidad positiva. Los indicadores ambientales empeoran con una mayor eficiencia económica, particularmente el balance de nitrógeno y la emisión de gases efecto invernadero. Este último indicador presenta gran relevancia y es considerado a nivel mundial como uno de los aspectos fundamentales a corregir. En este sentido, se ha encontrado un margen importante de mejora a bajo costo económico, mediante tecnologías de proceso tales como rotación y manejo del monte nativo.

El fenómeno de concentración del sector primario en Argentina no es particular de este país, sino que se da en todos los países productores de leche. Las economías de escala marcan la sustentabilidad de los sistemas, y es imperioso lograr eficientizar los procesos productivos para que los sistemas de menor escala logren permanecer en el circuito, lo que se denomina crecimiento vertical. Existen actualmente diversas tecnologías disponibles que apuntan a este objetivo. Muchas de ellas aún resultan onerosas para muchos productores, tal como la robotización del tambo. Sin embargo, otras tecnologías disponibles son de procesos, de costo cero, evidenciándose una importante brecha de mejora en los estratos menos eficientes. En términos ambientales, los resultados encontrados en relación con la huella de carbono son muy promisorios porque muestran un margen importante para la política ambiental y que, con metas razonables, es posible mejorar la performance de estos tipos de establecimientos en términos ambientales.

## Indicadores de producción

### Publicaciones en revistas con referato

Engler, P. 2023. El valor económico de la huella de carbono en tambos de Argentina. Aplicación de un modelo multicriterio por metas ponderadas. *Revista Archivos latinoamericanos de producción animal. Official refereed journal of the Latin American Association of Animal Production* ISSN-1022-1301 (paper) Vol.31 N°3 en prensa.

### Publicaciones en seminarios

Engler, P., Cuatrín, A., Reynoso, L. y Vicente, G. (2020). El riesgo económico asociado a la producción de leche en Entre Ríos. *I Seminario de Riesgo Agropecuario*. INTA, FCE UBA, UNNOBA.

Cuatrín, A. y Engler, P. (2022). Impacto de la elección de la distribución de probabilidad de las variables aleatorias sobre la estimación del riesgo económico de un modelo de producción lechera de Entre Ríos. *III Seminario de Riesgo Agropecuario*. INTA, FCE UBA, UNNOBA.

### Publicaciones en congresos

Engler, P., Mancuso, W. y Cuatrín, A. (2020). Efecto de la escala y eficiencia en la vulnerabilidad y riesgo de los sistemas de producción de leche en Entre Ríos. *43° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (RAPA)*.

Engler, P., Cuatrín, A., Mancuso, W. y Reynoso, L. (2021). Sistemas de producción del departamento de Paraná, Entre Ríos. Tipos según eficiencia y escala. *45° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (RAPA)*.

Engler, P. y Cuatrín, A. (2021). Indicadores de sustentabilidad asociados a tipologías de tambos según escala y eficiencia en Entre Ríos. *44° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (RAPA)*.

Engler, P. (2022). Riesgo económico en sistemas de producción de leche en Entre ríos. *45° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (RAPA)*.

Engler, P. (2023). Indicadores productivos, económicos y ambientales en sistemas lecheros de Entre Ríos. *46° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (RAPA)*.

### Capítulo de libro

Mancuso, W., Fariña, S. y Engler, P. (2023). Capítulo 8: Indicadores ambientales para la producción ambiental, con énfasis en la producción animal bovina. En M. A. Herrero, M. C. Saucedo y S. B. Gil (Coords.), *Indicadores físicos, económicos y sociales asociados a la construcción e interpretación de indicadores ambientales en sistemas de producción animal* (pp. 177-202). Editorial Asociación Argentina de Producción Animal. <http://www.aapa.org.ar/libros/descargas/Indicadores-Ambientales.pdf>

### Cursos dictados

Capacitación: Encuentros de R. III Encuentro usuarios R - Series de tiempo

Cursos de postgrados realizados

Julio a septiembre de 2022: Modelos matemáticos para la investigación científica. Cursos cortos de postgrado internacionales. Beca otorgada a Alejandra Cuatrín.

Abril de 2022: Modelos jerárquicos Bayesianos aplicados al análisis espacial de epidemias agrícolas. Curso nacional.

Octubre de 2021: Pensamiento sistémico y modelización dinámica en agricultura. Organizado por la Asociación Argentina de Economía Agraria.

## Bibliografía

- 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*, (49), 156-175.
- Boussard, J. (2002). Modelling agriculture: which model for which purpose? En C. Vicién y S. Peri, *Modelización Económica en el Sector Agropecuario*. Buenos Aires: Ed. Orientación Gráfica.
- Caceres, D. (2004). Indicadores de sostenibilidad para el monitoreo de sistemas campesinos de Argentina Central. *Revista de desarrollo rural y cooperativismo agrario*, (8), 201-215.
- Cloquell, S., Albanesi, R., De Nicola, M., Preda, G. y Propersi, P. (2007). *Familias rurales. El fin de una historia en el inicio de una nueva agricultura*. Rosario: Editorial Homo Sapiens.
- Conway, G. R. (1987). The properties of Agroecosystems. *Agricultural Systems*, 24(1987), 95-117.
- Cuatrin, A., Engler, P., Marino, M. y Maekawa, M. (2022). Tipos de tambos en la región pampeana de Argentina. *Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (AAPA)*, Xy(Supl. 1).
- Craviotti, C. (2007). Agentes extrasectoriales y transformaciones recientes en el agro argentino. *Revista de la CEPAL*, (92), 163-174.
- Craviotti, C. (2005). Nuevos agentes en la producción agropecuaria: ¿Nuevos sujetos del desarrollo rural? En G. Neiman y C. Craviotti (Comps.), *Entre el campo y la ciudad. Desafíos y estrategias de la pluriactividad en el Agro*. Buenos Aires: Ed. Ciccus.
- Darnhofer, I., Fairweather, J. y Moller, H. (2010). Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8(3), 186-198.
- Engler, P. (2018). *Modelización multicriterio económica ambiental como herramienta de valoración de bienes y servicios ambientales* [Tesis Doctoral, FCA-UNER].
- Engler, P., Litwin, G. y Signorini, M. L. (2011). La simulación Monte Carlo para evaluar aspectos técnicos, económicos y ambientales en Tambos. V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente (V CISDA) y V Jornadas de la Asociación Argentina - Uruguay de Economía Ecológica.
- Feitknecht, M. (2007). *An economic assessment of GMP from the agricultural perspective analysis of the adoption and diffusion of herbicide tolerant soybean in the North-East of the Province of Buenos Aires, Argentina*. ETH.
- García-Barrios, L. E., Speelman, E. N. y Pimm, M. S. (2008). An educational simulation tool for negotiating sustainable natural resource management strategies among stakeholders with conflicting interests. *Ecological modeling*, (210), 115-126
- Holling, C. S. y Gunderson, L. H. (2002). Resilience and adaptive cycles. En L. H. Gunderson y C. S. Holling (Eds.), *Panarchy understanding transformations in human and natural systems* (pp. 25-50).

- Janssen, S. e Ittersum, M. K. V. (2007). Assessing farm innovations and responses to policies: A review of bio-economic farm models. *Agricultural Systems*, 94 (2007), 622–636.
- Klerkx, L., Bommel, S. V., Bos, B., Holster, H., Zwartkruis, J. V. y Aarts, N. (2012). Design process outputs as boundary objects in agricultural innovation projects: Functions and limitations. *Agricultural Systems*, (113), 39-49.
- Litwin, G. y Engler, P. (2011). Simulación técnica económica y ambiental de sistemas lecheros en Entre Ríos. *34° Congreso Argentino de Producción Animal – 1st Joint Meeting ASAS – AAPA*.
- Meynard, J.-M., Dedieu, B. y Bos, B. (2012). Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. En I. Darnhofer, D. Gibbon y B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: the New Dynamic* (pp. 405-429). Dordrech; Heidelberg; New York; London: Springer.
- Neiman, M. (2010). La agricultura familiar en la región pampeana argentina: La utilización de los factores de producción y su relación con nuevas dinámicas familiares. *Mundo agrario*, 11(21), 00-00.
- Paz, R. (2011). Agricultura familiar en el agro argentino: una contribución al debate sobre el futuro del campesinado. *European Review of Latin American and Caribbean Studies*, 49-70.
- Pfister, R., Bader, H.-P., Scheidegger, R. y Baccini, P. (2005). Dynamic modeling of resource management for farming systems. *Agricultural Systems*, (86), 1-28
- Robertson, M. J., Pannell, D. J. y Chalak, M. (2012). Whole-farm models: a review of recent approaches. *AFBM Journal*, 9(12), 13-26.
- Román, M. y González, M. D. C. (2011). Concentración de la producción. Estudios de caso en las provincias de Buenos Aires y Córdoba, Argentina. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 3(57).
- Romero, C. (1997). Multicriteria decision analysis and environmental economics: an approximation. *European Journal of Operational Research*, 96(1), 81–89.
- Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Janjetic, L. y Negrete, E. (2008). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, (1), 19–28.
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K. y Dikshit, A. K. (2009). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, (9), 189-212
- Thornton, P. K. y Herrero, M. (2001). Integrated crop–livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems*, (70), 581-602.
- Tommasino, H., García Ferreira, R., Marzaroli, J. y Gutiérrez, R. (2012). Indicadores de sustentabilidad para la producción lechera familiar en Uruguay: análisis de tres casos. *Agrociencia Uruguay*, 16(1), 166-176.
- Urcola, H., Mosciaro, M. y Sainz Roza, H. (2011). Capítulo 4: Decisiones bajo incertidumbre: el riesgo de trigo y soja bajo distintos escenarios climáticos En M. T. Casparri y A. S. Vilker (Eds), *Finanzas agropecuarias en un contexto de incertidumbre* (pp. 69–79). Buenos Aires: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.
- Valenzuela, C. O. y Vito-Scavo, Á. (2009). La resistencia de la agricultura familiar tradicional en el Chaco, Argentina. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(30), 397–433.
- Van Calker, K. J., Berentsen, P. B. M., Romero, C., Giesen, G. W. J. y Huirne, R. B. M. (2006). Development and application of a multi-attribute sustainability function for Dutch dairy farming systems. *Ecological Economics*, (57), 640–658.

- Viglizzo, E., Frank, F., Bernardos, J., Buschiazzi, D. y Cabo, S. (2006). Environmental assessment of commercial farms in the Pampas of Argentina: a method looking at ecological certification. *Ecosystems Monitoring and Assessment*, 117, 109–134.
- Vose, D. (1996). *Quantitative risk analysis: A guide to Monte Carlo simulation modelling*. John Wiley & Sons Ltd.
- World Commission on Environment and Development (WCED) (1987). *Our common future*. Oxford University.
- Zhu, M., Taylor, D. B. y Sarin, S. C. (1993). A multi-objective dynamic programming model for evaluation of agricultural management systems in Richmond County, Virginia. *Agricultural Systems*, (42), 127–152
- Zimmermann, A., Heckelei, T. y Domínguez, I. P. (2009). Modelling farm structural change for integrated ex-ante assessment: review of methods and determinants. *Environmental Science and Policy*, 12(5), 601–618.

**PID 2210 Denominación del Proyecto**

Sustentabilidad y estudio del riesgo asociado a los sistemas de producción de leche del departamento Paraná de Entre Ríos

**Directora**

Engler Patricia Laura

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias

**Contacto**

[patricia.engler@uner.edu.ar](mailto:patricia.engler@uner.edu.ar)

**Cátedra/s, área o disciplina científica**

Economía Agraria

**Integrantes del proyecto**

Docentes: Renzo Cumar; Isabel Beatriz Truffer; Marta Ester Handloser; Facendini Victoria Elisa; Vicente Guillermo Ramón; Izaguirre Pons Manuel. Externos: Cuatrín Alejandra (Investigadora INTA EEA Paraná) y Wilson Marcelo (Investigador INTA EEA Paraná). Giordano Matías (integrante estudiante de grado). Becaria de formación: Lucía Reynoso.

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

15/08/2019 y 07/07/2023

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 382/23 (19-10-2023)