

ANÁLISIS DE RIESGO EN SISTEMAS GANADEROS DEL SUR DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Carlos Torres Carbonell^{1,2}; Gastón Milanesi³; Patricia Chimeno²; Javier García Fronti⁴; María Cecilia Saldungaray²; Miguel Ángel Adúriz²; Verónica Piñeiro²; Andrea Lauric⁴; Gerónimo De Leo¹; Liliana Scoponi³

¹Agencia Bahía Blanca, Estación Experimental Agropecuaria Bordenave, INTA

²Departamento Agronomía, Universidad Nacional del Sur

³Departamento Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur

⁴Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires

Dirección Postal: San Andrés 800, Campus de la Universidad Nacional del Sur (8000), Bahía Blanca, Pcia. Buenos Aires, Argentina.

Dirección electrónica: carlos.carbonell@uns.edu.ar; carbonell.carlos@inta.gob.ar

Resumen

<p>Recibido: 10/2023</p> <p>Aceptado: 12/2023</p>	<p>La tecnología permite modificar los resultados medios y su dispersión en los sistemas agropecuarios. El objetivo de este estudio fue realizar un análisis comparativo de los niveles de riesgo de la empresa ganadera del sistema modal de la región de Bahía Blanca y el modelo tecnificado desarrollado en la Unidad de producción demostrativa en el Establecimiento “El Trébol” del INTA Bahía Blanca que ha incorporado tecnologías de forrajeras tolerantes a sequía y reducción de lactancia en el rodeo de vacas de cría. En función de la interacción de las distribuciones de probabilidad históricas de la producción de cada modelo, los precios de venta de la hacienda y los costos unitarios se estimó el impacto probabilístico sobre la función de beneficio de ambos sistemas a través Marketed Asset Disclaimer por simulación Montecarlo con 10.000 iteraciones. Se observó una probabilidad de alcanzar resultados negativos en el sistema modal y el sistema tecnificado respectivamente de 38,95 y 3,77%, y superiores a este nivel en un 61,05 y 96,23%. Las tecnologías evaluadas integradas en el sistema ganadero permitieron alcanzar en régimen de bajas precipitaciones una mayor eficiencia, estabilidad productiva, resultado económico y significativamente menores riesgos. En modelos productivos tecnificados como el Sistema “El Trébol” se observó un 69,7% menos de probabilidades de obtener resultados económicos menores al valor crítico de referencia del arrendamiento zonal 21.751\$ ha⁻¹ (25 kg Índice Novillo ha⁻¹) y un 452,6% más de probabilidades de alcanzar resultados superiores a dicho nivel.</p>
<p>Palabras clave</p> <p>Riesgo.</p> <p>Sequía.</p> <p>Tecnología.</p> <p>Empresa ganadera.</p>	

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

RISK ANALYSIS IN LIVESTOCK SYSTEMS IN SOUTHERN BUENOS AIRES, ARGENTINA

Carlos Torres Carbonell^{1,2}; Gastón Milanesi³; Patricia Chimenó²; Javier García Fronti⁴; María Cecilia Saldungaray²; Miguel Ángel Adúriz²; Verónica Piñeiro²; Andrea Lauric¹; Gerónimo De Leo¹; Liliana Scoponi³

¹Agencia Bahía Blanca, Estación Experimental Agropecuaria Bordenave, INTA

²Departamento Agronomía, Universidad Nacional del Sur

³Departamento Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur

⁴Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires

Dirección Postal: San Andrés 800, Campus de la Universidad Nacional del Sur (8000), Bahía Blanca, Pcia. Buenos Aires, Argentina.

Dirección electrónica: carlos.carbonell@uns.edu.ar; carbonell.carlos@inta.gob.ar

Abstract

KEYWORDS

Risk.

Drought.

Technology.

Livestock company.

Technology makes it possible to modify average results and their dispersion in agricultural systems. The objective of this study was to carry out a comparative analysis of the risk levels of the livestock company of the modal system of the Bahía Blanca region and the technical model developed in the Demonstrative Production Unit in the “El Trébol” Establishment of the INTA Bahía Blanca. Which has incorporated drought-tolerant forage technologies and lactation reduction in the breeding cow herd. Based on the interaction of the historical probability distributions of the production of each model, the farm's sales prices and the unit costs, the probabilistic impact on the profit function of both systems was estimated through Marketed Asset Disclaimer by Monte Carlo simulation. With 10,000 iterations. A probability of achieving negative results was observed in the modal system and the technical system respectively of 38.95 and 3.77%, and higher than this level by 61.05 and 96.23%. The evaluated technologies integrated into the livestock system made it possible to achieve greater efficiency, productive stability, economic results and significantly lower risks in low rainfall regimes. In technical production models such as the “El Trébol” System, a 69.7% lower probability of obtaining economic results lower than the critical reference value of the zonal lease \$21,751 ha⁻¹ (25 kg Steer Index ha⁻¹) and a 452.6% more likely to achieve results above that level.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

INTRODUCCION

En la producción agropecuaria los eventos extremos tanto inundaciones como sequías, asociado a componentes del sistema climático de cada región son fenómenos recurrentes que causan pérdidas de cosechas y de producción muy importantes (Quirolo et al., 2023). Es indudable que la variabilidad climática impacta especialmente en el sector agropecuario y es fundamental estudiarla por sus características de producción a cielo abierto.

Para la República Argentina el sector primario tiene una alta relevancia económica en términos de generación de divisas, producto bruto geográfico, pero también en la generación de empleo en las regiones (Thomasz et al., 2015). Por este motivo, el análisis en profundidad de los riesgos asociados de la actividad económica agraria se manifiesta de fundamental interés, ya que, habilita importantes alternativas para la aplicación y planificación empresarial para la optimización de la toma de decisiones.

La ecorregión del Sudoeste Bonaerense, se caracteriza por su alta variabilidad en el comportamiento de las precipitaciones. La pluviometría ajusta mayoritariamente a una función gamma incompleta con extremo negativo en 0 y extremo positivo en 1200 mm (Scian et al., 2006). Es decir, una distribución con asimetría positiva, que manifiesta una mayor densidad a la izquierda de la distribución respecto de la media, donde los parámetros alfa y beta determinan su escala y forma. La amplitud de esta distribución en la región, permite inferir la alta variabilidad en los stocks de provisión de agua al cual están expuestos los sistemas preponderantemente ganaderos de esta región (Saldungaray et al., 2017), con mayor probabilidad de ocurrencia de eventos secos, derivando en un alto riesgo climático. El mismo afecta la estabilidad de rendimientos y trae aparejada serias dificultades económicas, en la medida que no se diseñen y adopten sistemas con tecnología adaptada a minimizar el impacto negativo de las condiciones de semiáridéz.

Además, esta variabilidad interanual de los niveles de producción interactúa con los riesgos de mercado de los insumos y productos, incrementando los riesgos de las empresas ganaderas regionales. En este sentido, la tecnología permite modificar los resultados medios y su dispersión en los sistemas de producción. Este hecho es esencial para asegurar la continuidad de las firmas, minimizar las probabilidades de eventos desfavorables, incrementar la eficiencia en los procesos y el beneficio económico.

La implantación de pasturas perennes con tolerancia a sequía se presenta como una alternativa de alto impacto, ya que permite disminuir los costos de producción debido a una amortización más larga, una mayor estabilidad y niveles de producción de forraje para alimentar el ganado.

Una vez implantadas estas pasturas se adaptan a condiciones de sequía muy extremas, algunas hasta niveles de precipitaciones mínimos de 250-350 mm anuales, donde otras especies no logran perdurar. Existen estrategias para lograr implantaciones aún en ciclos de sequía lo que las

posiciona como un recurso insustituible para incrementar la producción y la seguridad forrajera en los sistemas ganaderos en estas ecorregiones.

Por otro lado, la reducción de la lactancia en la cría bovina habilita una mayor estabilidad y eficiencia reproductiva del rodeo, que repercute en mayores niveles de producción de carne finales. Esto se debe a que la disminución del estado nutricional de las madres por eventos de sequía disminuye la tasa de concepción promedio y por lo tanto la producción final de terneros. Desde 2005, se comienza a aplicar la integración de estas dos tecnologías básicas en el Establecimiento “El Trébol” en el partido de Bahía Blanca, como unidad de producción demostrativa obteniéndose resultados importantes en cuanto a estabilidad y los niveles medios de producción, que habilitaron apoyar procesos crecientes de extensión de este tipo de tecnificación (Torres Carbonell et al., 2022).

La hipótesis de este trabajo plantea que los sistemas ganaderos modales del sur de Buenos Aires asumen altos riesgos empresarios y obtienen bajos beneficios económicos respecto de los potenciales que podrían alcanzar con la adecuación tecnológica mencionada a fin a su ambiente.

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis comparativo de los niveles de riesgo de la empresa ganadera del sistema modal de la región de Bahía Blanca que no aplica estas tecnologías y el modelo tecnificado desarrollado en la Unidad de producción demostrativa Establecimiento “El Trébol” de Bahía Blanca.

MARCO TEÓRICO

El análisis de riesgo y los modelos de simulación

El análisis de riesgo tiene por objetivo determinar a través de métodos matemáticos y estadísticos, el rango y la frecuencia de ocurrencia con la cual determinados eventos pueden suceder en términos de probabilidad. Los métodos deterministas utilizan estimaciones de un solo punto, en el cual se asignan valores independientes para identificar los resultados que se podrían producir en algunas situaciones específicas. Estos métodos presentan varios problemas, ya que sólo tienen en consideración pocos resultados independientes, y se ignoran una altísima cantidad de resultados factibles que no son tenidos en cuenta. Además, tampoco evalúan la probabilidad de ocurrencia de los escasos resultados que analizan, ya que por lo general se asignan a cada resultado evaluado el mismo peso. Este hecho simplifica excesivamente el modelo de funcionamiento de las variables, reduciendo su precisión, ya que ignoran la interdependencia entre variables de entrada y el impacto de las diferentes variables en interacción sobre el resultado final (Gandorfer et al., 2011).

Por otro lado, se encuentran los métodos estocásticos, con base formal en la teoría de la probabilidad y estadística, que tienen por objeto determinar las distribuciones de probabilidad del comportamiento de las variables (Hutchings et al., 2011). Se entiende por distribución de probabilidad de una variable aleatoria, a una función matemática denominada función densidad de probabilidad, que asigna para cada suceso definido sobre la variable aleatoria, una probabilidad específica de que dicho suceso ocurra. Esta función está definida sobre el conjunto de todos los sucesos posibles y su integral en el caso de variables aleatorias continuas es, para cada valor de x la probabilidad de que la variable aleatoria sea menor o igual que x (Brandão et al., 2012).

La teoría de los sistemas brinda un soporte conceptual muy importante para el estudio de sistemas complejos formado por múltiples elementos e interrelaciones como son las explotaciones agropecuarias (Dogliotti et al., 2006). Esto permite la integración entre las aproximaciones al conocimiento científico de la realidad tanto determinística, basada en operaciones de reducción y

la sistémica, basada en la composición y comportamiento probabilístico de los eventos en modelos matemáticos.

La mayor utilidad de la modelación radica en que una vez diseñado el modelo, permite llevar a cabo procesos de inferencia deductivos, para averiguar las implicaciones lógicas, que se derivan de las premisas que el mismo define.

El tratamiento del riesgo es una componente fundamental para asegurar la continuidad de las empresas agropecuarias, minimizar las situaciones de pérdidas, como así también permitir condiciones para la incorporación de tecnologías que permiten una mayor eficiencia en los procesos de producción y la conservación del medio ambiente. Existen distintos tipos de herramientas desde los instrumentos financieros de cobertura y seguros, hasta factores relacionados a las decisiones de oportunidad productiva, como la diversificación de actividades y la selección de tecnologías más adecuadas a un ambiente (Nadir, 2006).

Las distribuciones de probabilidad de las precipitaciones relacionadas con la distribución de frecuencias teórica de las observaciones en la región, describen la forma en que se espera que varíen los resultados de esta variable aleatoria climatológica, por lo cual resultan ser modelos útiles para hacer inferencias y tomar decisiones de incertidumbre (Badii et al., 2009). La combinación de estas distribuciones con modelos de simulación biofísico ganaderos y análisis económico proporciona una herramienta sumamente valiosa para cuantificar la escala y la naturaleza de los beneficios, y sus riesgos asociados para los sistemas agropecuarios regionales (Meuwissen et al., 2001). De esta manera se pueden identificar elementos para optimizar la toma de decisiones y estrategias para mitigar el riesgo económico en sistemas con una amplia variedad de entornos y modelos tecnológicos (Kandulu et al., 2012).

La función de beneficio de negocio agropecuario está definida por la diferencia entre los niveles de ingresos y egresos. La utilización de herramientas de estimación de riesgo permite evaluar las alternativas del proceso productivo complementando diferentes fuentes de información que reflejen la variabilidad observada tanto en la estructura de costos, de los ingresos como en las expectativas en las variables aleatorias consideradas de la tecnología del proceso productivo, constituyéndose en un instrumento dinámico y de gran utilidad para la toma de decisiones (Míguez, 2014)

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y características de los sistemas ganaderos evaluados

El área de estudio de este trabajo es el Partido de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. Posee un clima semiárido, con un nivel de precipitaciones anual medio histórico de 683mm, con variaciones entre 1000 y 300mm. Los sistemas predominantes son de ganadería vacuna de cría recria (Saldungaray et al., 2017).

Se realizó un análisis comparativo del riesgo del sistema ganadero modal (SM) y del Sistema INTA en la unidad de producción demostrativa en el Establecimiento “El Trébol” (ST) dentro del distrito. Se modelizaron las componentes bio-físico-económicas de SM a partir del universo muestral de 300 registros del INTA de sistemas de producción ganaderos del partido relevados en los últimos 15 años, los trabajos de sistemas del Área de Socioeconomía del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur y de ST a partir de los registros de la unidad demostrativa “El Trébol” en el mismo periodo (Torres Carbonell et al., 2022).

Las características de estructura productiva básica y común utilizada en ambos modelos se detalla a continuación.

- El planteo es de ganadería vacuna de cría, con un rodeo de 220 vientres adultos de reposición propia de hembras y recría coyuntural según los excedentes de oferta forrajera y relaciones de precios. Los indicadores físicos de manejo determinados fueron:
 - Servicio natural vientres adultos en los meses de noviembre-diciembre-enero con una tasa del 4% de toros.
 - Primer servicio a las vaquillonas a los 24 meses.
 - Partición en los meses de agosto-septiembre-octubre.
 - Destete tradicional de 7 meses o anticipado de 3 meses según el planteo técnico. En el caso del destete anticipado se efectúa a partir de la suplementación los primeros 30 días post-destete a razón 1 kg cabeza día⁻¹ con alimento balanceado (18% de proteína bruta y promedio 2,5 Mcal kg Materia Seca⁻¹) y los 30 días posteriores con grano de avena (1kg cabeza día⁻¹).
 - Destino del destete: recría y venta de las hembras, excepto la reposición (15%), y el 100% de los machos hasta el mes de abril. Solo se recría hasta un 25% de los machos hasta fines de noviembre, en años donde el balance forrajero de abril arroja saldos positivos.
 - Tacto de los vientres con eliminación de las vacas vacías en el mes de febrero.
 - Reposición y recambio de Toros externa a razón de un 20% anual.

Las diferencias tecnológicas de ambos sistemas se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores productivos de los sistemas bajo estudio.

Indicador	SM	ST
Superficie Verdeos Anuales (%)	30	25
Superficie Pasturas Perennes (%)	0	75
Superficie Campo Natural (%)	70	
Producción forraje promedio (raciones ha ganadera ⁻¹)	56	275
Edad Destete (meses)	7	3
Tasa Destete (%)	75	95
Carga animal (EV ha ⁻¹)	0,33	0,65

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 1 permite visualizar la ubicación geográfica del área de estudio.

Gráfico 1. Ubicación de la Unidad Demostrativa - Establecimiento “El Trébol” en el sur de la provincia de Buenos Aires.



Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de riesgo y modelos utilizados

El riesgo de la empresa ganadera se estimó a partir de la interacción de los resultados productivos relacionados a las precipitaciones de la región de estudio, con los costos de producción y precios de mercado a partir del procedimiento MAD (Marketed Asset Disclaimer). Se aplicó simulación Monte Carlo (Brandão et al., 2012) para ambos sistemas con 10.000 iteraciones estocásticas desarrolladas en *Microsoft Excel*® integrado a *Cristal Ball versión 7.3.1*.

La Distribución de Probabilidades de Ocurrencia (DPO) históricas de la variable rendimiento productivo de la ganadería para el SM presentó una distribución normal con media 46 Kg ha año⁻¹ y desvío estándar (DST) de 19,3 Kg ha año⁻¹ y para ST una media 108 Kg ha año⁻¹ y DST de 24,4 Kg ha año⁻¹. Esta información empírica base fue complementada con estimaciones subjetivas de consultas efectuadas referentes calificados regionales de forma individual, como bajo metodología de reuniones de panel, discusión de la información y método Delphi (Scott, 2011).

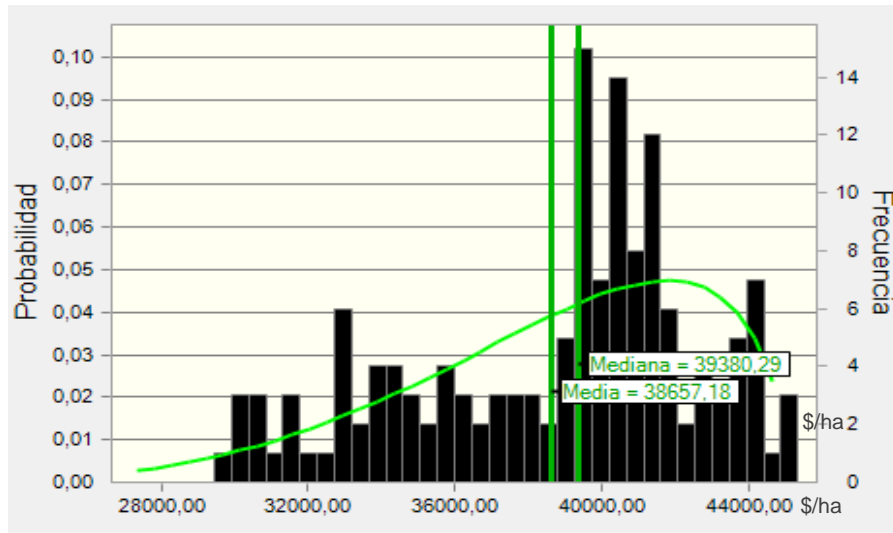
La producción ganadera presenta un comportamiento aleatorio dependiente de las condiciones climáticas de su ciclo respectivo y la aplicación tecnológica respectiva, que definen la oferta de forraje y la eficiencia de su utilización. Esto significa que su comportamiento es incierto y no controlable totalmente por el productor agropecuario. De la misma manera ocurre con el comportamiento de los precios de los productos de venta y los costos de producción.

La DPO histórica de los precios de los productos e insumos se calcularon a partir de los precios corrientes promedios de las series Julio 2011- a septiembre de 2023, expresados en moneda constante de septiembre de 2023. Los precios de los productos y los gastos de comercialización fueron netos de IVA y se obtuvieron a partir de información recabada de las publicaciones mensuales de las Revistas CREA, Marca Líquida, Mercado de Liniers y Mercado Agroganadero de Cañuelas, Bolsas de Cereales, comercios agropecuarios regionales y otros sitios web agropecuarios de referencia reconocida.

Esta información permitió calcular las DPO de la variable costo de la unidad de superficie (C) que se expone en la Figura 1 y 2 para SM y ST respectivamente. ST obtuvo su mayor acople a una distribución extremo mínimo con los siguientes parámetros: valor más probable= 55.169 y la escala= 4.495. La bondad de ajuste a los datos de la serie histórica analizada por el método de

Kolmogorov- Smirnov (K-S) fue de $p < 0,0553$. La función expuso una media 52.575 \$ ha⁻¹ y DST de 4.147 \$ ha⁻¹.

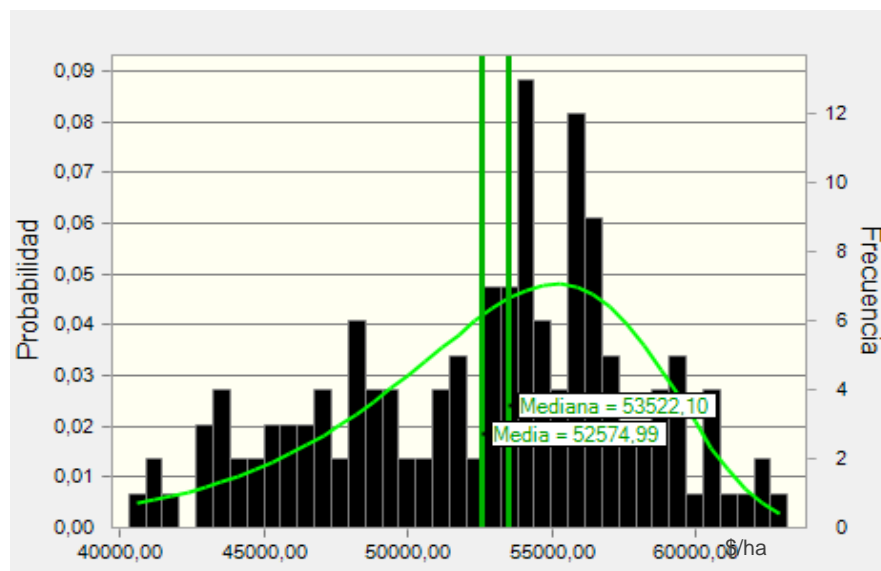
Figura N°1. Distribución de probabilidades observada para la serie de costos unitarios modelo ST



Fuente: Elaboración Propia.

Mientras SM ajustó a una función Beta PERT (Mínimo= 19.769; Valor más probable=41.785 Máximo=45.032) con una bondad (K-S) ($p < 0,0852$), con una media de 38.657 \$ ha⁻¹ y DST de 5.765 \$ ha⁻¹

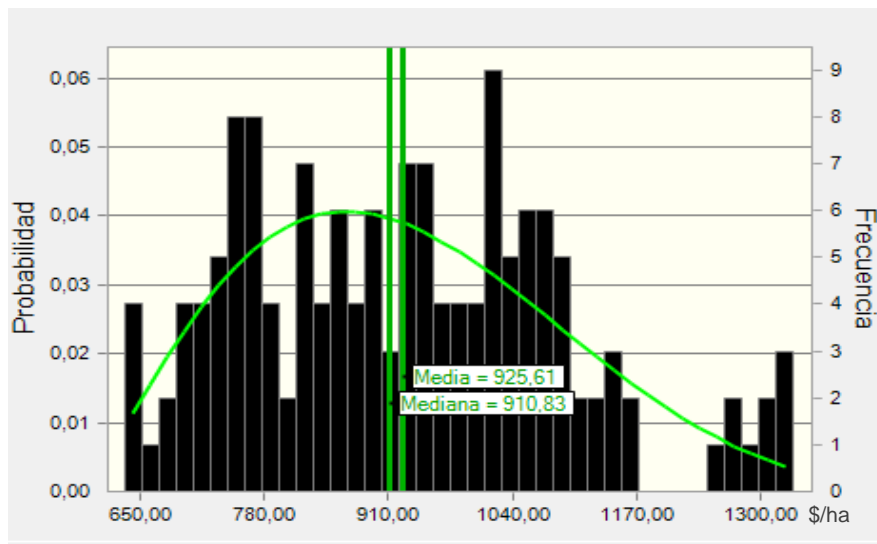
Figura N°2. Distribución de probabilidades observada para la serie de costos unitarios modelo SM



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se muestra en la DPO de precios de venta ganaderos promedio (PG) compuesto por una canasta con participación mayoritaria del ternero (92%), descontados los gastos de comercialización (8%), que ajustó a una función beta (Mínimo= 578,2; Máximo=1584,9; $\alpha= 2,53$; $\beta = 4,82$) con una bondad de ajuste (K-S) ($p<0,0537$), con una media de 925,61 \$ Kg⁻¹ y DST de 165,52 \$ Kg⁻¹.

Figura N°3. Distribución de probabilidades observada para la serie de precios de venta ganaderos



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en función de la interacción de las DPO de la producción, precios de venta y costos, se estimó el impacto probabilístico sobre la función de beneficio de ambos sistemas a partir de técnicas de sensibilidad y generación de escenarios (Milanesi & Pesce, 2022).

El modelo estructurado por las características anteriores se encuentra expuesto en la ecuación 1.

$$BG = [PCN \cdot (PG - GC)] - C \quad (1)$$

Donde: *BG*: Beneficio Ganadero (\$ ha⁻¹). *PCN*: Producción de Carne Neta (Kg ha año⁻¹). *PG*: Precio de venta Ganadero compuesto por una canasta con participación mayoritaria del ternero (92%) (\$ Kg⁻¹). *GC*: Gasto de Comercialización (\$ Kg⁻¹) *C*: Costo de la unidad de superficie (\$ ha⁻¹)

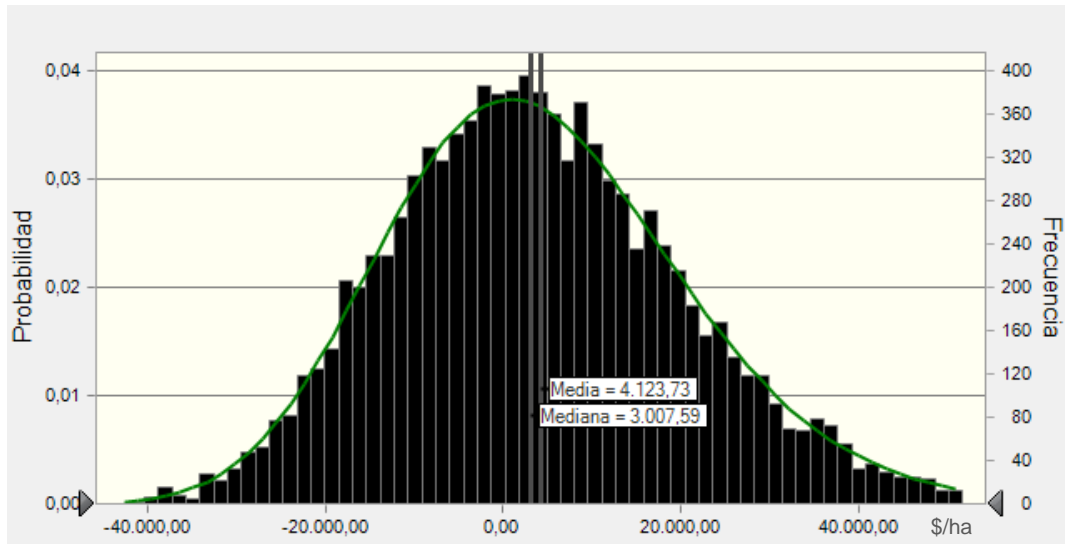
RESULTADOS

Las principales fuentes de riesgo en la producción agropecuaria se encuentran determinadas por la interacción del efecto del clima sobre los rendimientos, con los precios de los insumos y productos (Quirolo et al., 2023). La variable precipitación es la principal variable climática que afecta la producción (Scian et al., 2006). En la ganadería esta relación se observa encadenada entre las lluvias, que definen los niveles de rendimiento forrajero consolidando el alimento base de los sistemas pastoriles. La disponibilidad de forraje repercute en las tasas reproductivas y de crecimiento de los rodeos que determinan la producción de carne final alcanzada en el ejercicio anual, y que se encuentra mediada por el tipo de tecnología aplicada. Por su parte, los precios de

los insumos y productos definen la amplitud del margen de beneficio de la actividad de la empresa ganadera para cada ciclo.

La Figura N°4 expone la distribución de probabilidades para el resultado del beneficio ganadero encontrado para SM y la Figura N°5 para ST.

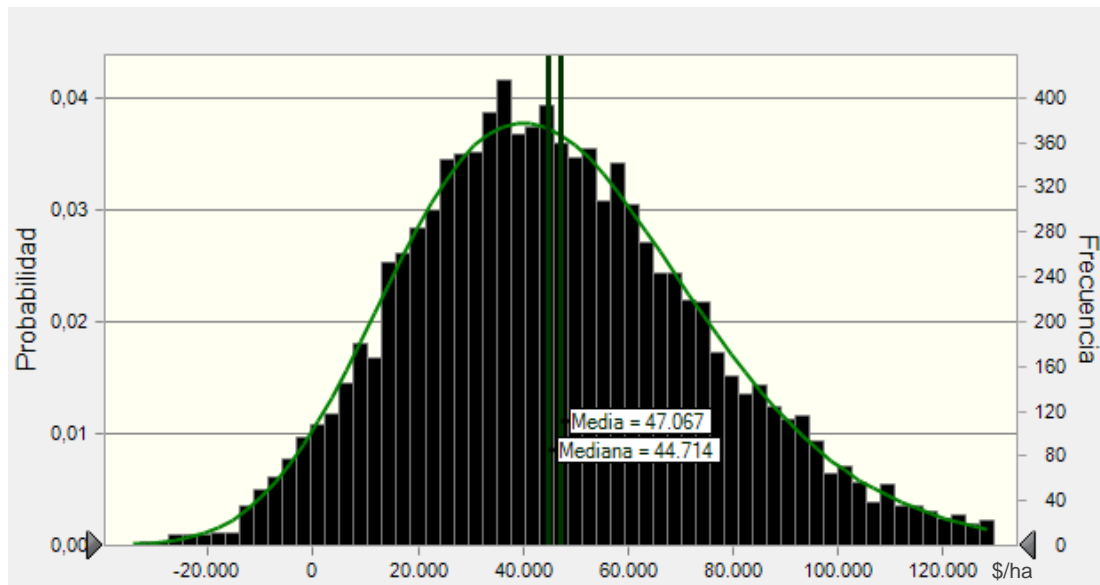
Figura N°4. Distribución de probabilidades del beneficio ganadero de SM



Fuente: Elaboración propia.

La distribución estocástica de SM mostró un mayor ajuste K-S ($p < 0,01$) a una función logarítmica normal con los siguientes parámetros: localización= -126.563, media= 4.123 y DST= 16.963.

Figura N°5. Distribución de probabilidades del beneficio ganadero de ST



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la DPO de ST obtuvo una mayor bondad de ajuste (K-S) ($p < 0,01$) también a una función logarítmica normal, pero con los siguientes parámetros: localización= -134.509, media= 47.067 y DST= 29.519.

Estos resultados son profundizados en la Tabla N°1 donde se visualiza que ST demostró un beneficio económico medio un 1042% superior al de SM. Con un extremo mínimo y máximo un 27 y 105% también superior respectivamente. Este hecho estaría atribuido principalmente al impacto del ajuste de las tecnologías sobre la oferta forrajera y el manejo más eficiente de los requerimientos nutricionales del rodeo, que permitirían en años desfavorables amortiguar la escases de forraje a partir de la utilización de pasturas muy tolerantes a sequía y su mayor aprovechamiento como señalan diversos trabajos de la disciplina (Illus et al., 1998; Gargano et al, 2000). Asimismo, un mayor nivel medio de producción y la posibilidad de aprovechar años climáticamente favorables con especies forrajeras de mayor respuesta a las precipitaciones. El coeficiente de variación en SM fue un 740% superior a ST, lo cual estaría reforzando la robustez de este último, observada en la menor medida de dispersión respecto a la media de cada distribución de probabilidad esperada.

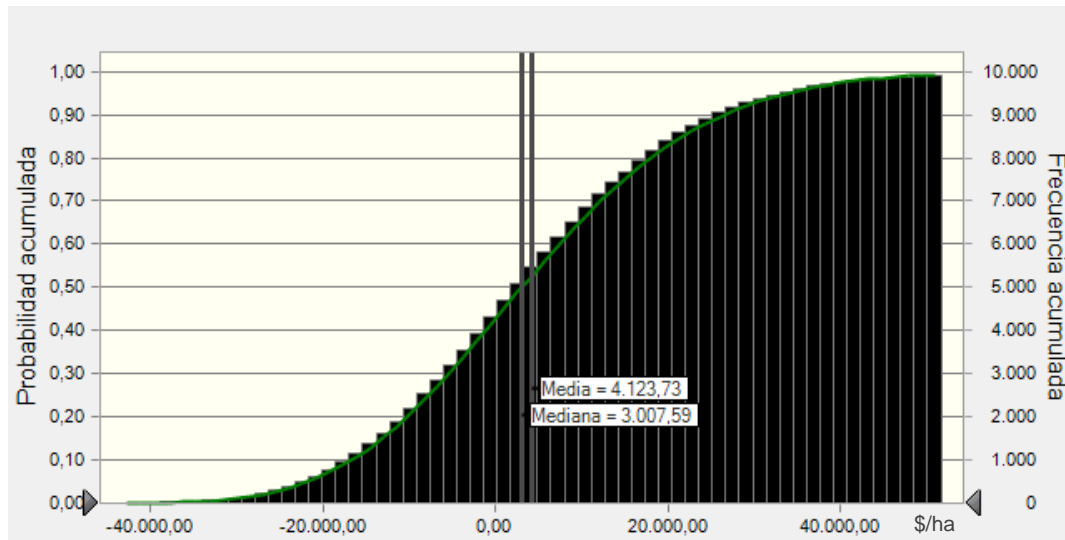
Tabla N°1. Indicadores estadísticos de las distribuciones de probabilidad de ambos sistemas

	SM	ST
Mínimo	- 52.998	- 38.833
Máximo	93.207	191.161
Media	4.123	47.067
DST	16.983	29.523
Coefic. Variación	412%	49%
Mediana	3.007	44.476
Moda	889	40.099

Fuente: Elaboración propia.

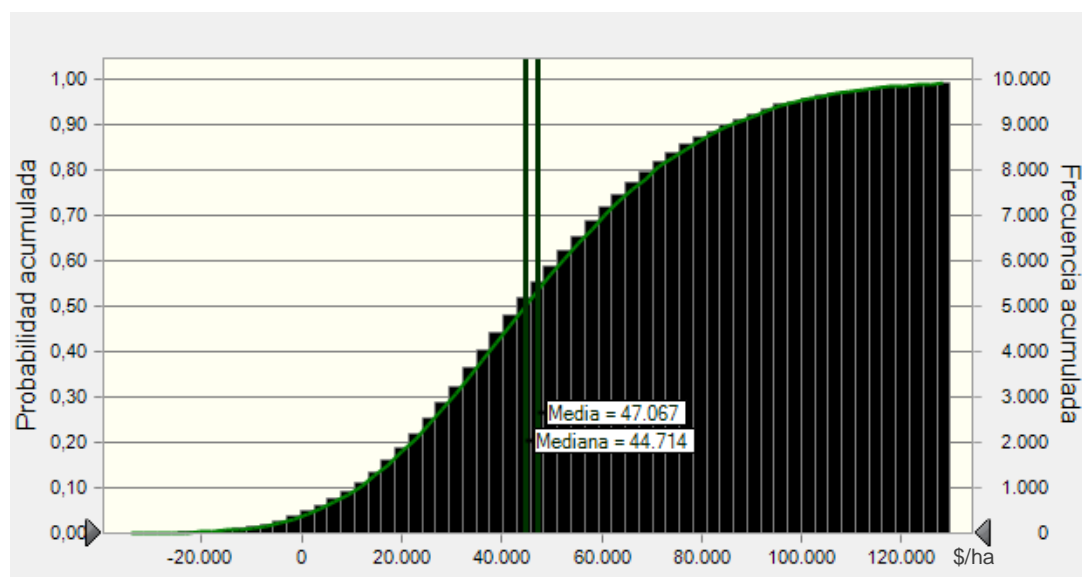
La Figura N° 6 y 7 presentan las probabilidades acumuladas de dicho beneficio para ambos sistemas evaluados.

Figura N°6. Distribución de probabilidades acumuladas del beneficio ganadero de SM



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°7. Distribución de probabilidades acumuladas del beneficio ganadero de ST



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados encontrados permiten visualizar en la Figura N°6 y 7, los marcados efectos diferenciales de la tecnología empleada, su relación derivada sobre los resultados económicos esperados y en los niveles de riesgo asumidos por cada sistema. La Tabla N°2 complementa algunas de los aspectos más sobresalientes.

Tabla N°2. Probabilidad de resultados esperados halladas para ambos sistemas

	SM	ST
Resultado negativo	38,95%	3,77%
Resultado positivo	61,05%	96,23%
Menor a valor crítico	65,49%	19,83%
Mayor a valor crítico	14,51%	80,17%

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°2 se observa una probabilidad del 38,95% y 3,77% de presentar resultados a pérdida para SM y ST, respectivamente, lo cual permite inferir la mayor seguridad económica del modelo tecnificado para la región relacionado al mejor ajuste al ambiente de las tecnologías incorporadas. A continuación, se evaluaron las probabilidades de alcanzar un beneficio crítico equivalente al monto de arrendamiento zonal que obtendría un productor por el alquiler libre de gastos de la unidad de superficie, sin asumir los riesgos del proceso productivo. Este valor se sitúa en 25 kg de índice novillo ha⁻¹ que equivalen según el precio promedio de la serie histórica utilizada a \$21.751.

Analizando el caso respectivamente para SM y ST de obtener resultados positivos pero menores a este nivel crítico, se observan probabilidades de 46,54 y 16,06%, y para los niveles superiores a este valor se encontraron probabilidades del 14,51 y 80,17%. En este sentido, ST expuso un 452% más de probabilidades de obtener un beneficio superior a este valor crítico, lo cual refuerza una vez más la conveniencia económica del modelo.

DISCUSION

Las variables aleatorias que definieron el modelo probabilístico empleado en la ecuación 1, permitieron, en función de los patrones de las DPO históricas mediado por simulación Monte Carlo, la predicción de una alta cantidad de resultados económicos factibles de experimentar para la empresa ganadera regional bajo el enfoque modal y un planteo tecnificado. A partir de una muy alto número de iteraciones se logró explorar prácticamente la totalidad de la variabilidad productiva y de mercado que afrontan dichos sistemas. Por tal motivo, estos resultados probabilísticos esperados brindan un instrumento muy valioso para la toma de decisiones, ya que permite al empresario ganadero asumir estimaciones de riesgo calculadas, relacionadas a ambas alternativas técnicas disponibles.

Los resultados hallados indican una mayor robustez frente a riesgos conjugados de sequía, suba de costos de producción y caída en los precios de la hacienda a favor del sistema tecnificado como el implementado en la Unidad demostrativa Establecimiento “El Trébol”, explicado principalmente en la fortaleza de la utilización de tecnologías de producción más adaptadas a la una región semiárida y por lo tanto implícitamente a las fuentes de riesgo consideradas.

Es reconocido que a nivel de la producción agrícola los estudios de evaluación de riesgo son más abundantes en la literatura científica económica (Thomasz, et al., 2005; Olivo, 2018). De forma ilustrativa los seguros paramétricos basados en índices se concentran principalmente en las producciones típicas de la región pampeana argentina como soja y maíz, donde no se conocen productos inscriptos o en proceso de aprobación para producciones intensivas y/o extra pampeanas (Gastaldi et al., 2022). Sin embargo, en la actividad ganadera los trabajos y antecedentes de investigación en esta área disciplinar representan una menor cantidad relativa, posiblemente por la mayor complejidad del sistema productivo que influye en mayores dificultades para su determinación, como la menor existencia de registros de datos de largas series, que puedan servir como base para las estimaciones. No obstante, existen trabajos en la disciplina que demuestran la importancia de los estudios de valoración de riesgos en estas producciones.

Gargano et al. (1996) relevaron caracterizaciones tecnológicas de sistemas ganaderos del Partido de Guaminí, en el sudoeste de Buenos Aires con el objeto de diseñar modelos mejorados sostenibles a partir de tecnologías difundidas y de bajo costo, basadas en forrajeras de mayor adaptación al ambiente y manejo ganadero. Posteriormente, a través de simulación Monte Carlo seleccionaron 10 modelos mejorados para tres zonas, en los cuales observaron que la incorporación de la tecnificación propuesta les permitió un incremento promedio de los márgenes brutos en un 97,3%. El modelo de máximo y mínimo desempeño que hallaron fue un 196,4% y 81,1% superiores al promedio del sistema modal, respectivamente. Estos autores trabajaron con precios promedio históricos, por lo cual se infiere que si se hubiese incorporado el efecto de la volatilidad de los precios estas diferencias hubiesen sido mayores aún. Como bien señala este trabajo, el impacto económico de incluir tecnologías de bajo costo en forrajeras de mayor adaptación a la zona y manejo ganadero que permiten aumentar y estabilizar rendimientos es muy relevante.

Berger et al. (2011) en trabajos de cuantificación de riesgo por simulación Monte Carlo en sistemas de cría tradicionales sin procesos de intensificación de la Cuenca del Salado, no encontraron resultados económicos negativos trabajando con 1.000 iteraciones, donde el resultado mínimo y

máximo fue un 50,1% inferior y 54,3% superior a la media, respectivamente. Estos autores atribuyen estos resultados a los bajos grados de inversión y estables niveles de producción de carne de dichos sistemas, mayores a los de nuestra región de estudio. Este hecho podría ser atribuido a una zona de cría de terneros con un régimen climático húmedo muy superior (>1.000 mm promedio) que minimiza la ocurrencia de resultados negativos como los que se observan en situaciones de sequía intensa en el sur de Buenos Aires. Por otro lado, los autores resaltan la aversión al riesgo de los productores de dicha región, a sistemas de mayor intensificación basada en recursos forrajeros y suplementación que a priori parecerían, a diferencia de este trabajo, incrementar los niveles de riesgo. Posiblemente, porque esa intensificación se sustenta en la suplementación y la implantación de especies forrajeras de alto potencial de rendimiento, pero de menor estabilidad productiva frente a los periodos de bajas precipitaciones, además de mayores costos tecnológicos.

Bell et al. (2021) utilizaron modelos de simulación mecanicistas dinámicos a partir de entradas de datos climáticos diarios durante los 40 años concernientes al periodo 1973-2013 para empresas ganaderas representativas de 6 zonas de Australia con diversos niveles de precipitación. Los márgenes brutos modelados que obtuvieron, utilizando costos y precios que variaban en el tiempo para un mismo sistema, aumentaban en zonas más húmedas hasta un 185,3%. Por otro lado, disminuía un 82,7% en las zonas más secas, en un sistema de régimen semiárido muy semejante al de nuestro trabajo.

Este trabajo debido a que internaliza situaciones de sequía de alta intensidad en el sur de Buenos Aires a través de la incorporación de los PHO productivas, permite estimar coeficientes de riesgo precisos del desempeño de los dos sistemas modelados bajo evaluación. De esta manera se encuentran representados no solo los valores medios de ocurrencia, sino también los valores sucedidos frente a eventos extremos de alto impacto negativo sobre los procesos biológicos de producción ganaderos, capturados con sus probabilidades de ocurrencia en los resultados económicos de ambos sistemas técnicos (Figura 1 y 2).

Un aspecto no esperado es que se visualizó que aún con modelos de alta tecnología existen probabilidades bajas, pero ciertas, de experimentar acontecimientos de bajos márgenes económicos (3,77%). Torres Carbonell et al., (2020) estudiando a través de estudios de escenarios de alternativas tecnológicas como uso de reservas forrajeras, compradas, alquiler de campo a pastoreo, venta de parte de la hacienda y uso de reservas propias, encontraron una disminución del resultado económico del 78; 66; 85 y 66%, respectivamente en comparación al resultado económico de un año promedio para un sistema con características semejantes a ST, pero no márgenes brutos con pérdidas.

Los resultados encontrados entre SM y ST son altamente contrastantes tanto en los resultados medios como en los niveles de riesgo a favor de ST, razón por la cual se podría preguntar porque los primeros son los sistemas más frecuentes. A este interrogante se podría anexar la siguiente observación de que existen aspectos relacionados a los requerimientos para la tecnificación de las empresas ganaderas regionales como las limitaciones impuestas por la mano de obra y el capital para las inversiones iniciales como sugieren Berger et al. (2011). Esto es especialmente relevante en nuestro país y Latinoamérica, pero también en otros países con condiciones agroambientales semejantes como Australia, tal como señalan Bell et al. (2011) donde la mano de obra especializada para llevar adelante un proceso productivo con bases tecnológicas más apropiadas para el ambiente donde se desempeña es cada vez más escasa.

No obstante, el desempeño satisfactorio de los sistemas ganaderos bajo pastoreo de secano es clave en la economía de países agroalimentarios de grandes territorios con climas semiáridos como nuestro país. Herrero et al. (2010) señala que la elección de tecnologías acorde en los mismos es

vital para pequeñas y medianas empresas, ya que su producción permite mejorar los ingresos de las zonas marginales rurales con eventos de sequías recurrentes y la gestión de sus riesgos.

En este sentido, tal como indican Bell et al. (2011) la existencia de experiencias de establecimientos que logran optimizar los resultados productivos y económicos, como valorar y gestionar el riesgo empresario, incentiva y permite que se pueda esperar que se produzcan ajustes en las asignaciones de uso de la tierra y tecnologías aplicadas en escalas de tiempo de 3 a 5 años, sobre todo en respuesta a periodos de condiciones climáticas y económicas negativas.

Los resultados hallados y las diferencias encontradas respecto a otros estudios con sistemas de producción con características agroproductivas diferentes denotan la importancia de este tipo de estudios, la sensibilidad de las estimaciones y cálculos de riesgos acordes al amplio abanico de tecnologías disponibles y ambientes en la ganadería vacuna en nuestro país

CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones e implicancias se resaltan:

1. Los modelos de simulación apoyados sobre información de campo de los sistemas de producción, de una región en conjunto con la información histórica del comportamiento de los precios son una herramienta valiosa para estimar el comportamiento probabilístico de distintas variables para la modelización de los riesgos que asumen las firmas ganaderas. Esta información se posiciona como una fuente muy relevante para la toma de decisiones de las empresas regionales.

2. Las tecnologías evaluadas integradas en el sistema ganadero permitieron alcanzar en regímenes de bajas precipitaciones una mayor eficiencia, estabilidad productiva, resultado económico y significativamente menores riesgos. En modelos productivos tecnificados como el Sistema “El Trébol” se observó un 69,7% menos de probabilidades de obtener resultados bajos menores al valor crítico de referencia del arrendamiento zonal 21.751\$ ha-1 (25 kg Índice Nonvillo ha-1) y un 452,6% más de probabilidades de alcanzar resultados superiores a dicho nivel.

3. La magnitud del impacto positivo de los resultados hallados en este trabajo justificaría los esfuerzos privados y públicos por el fomento de la adecuación tecnológica de los sistemas regionales.

4. Se resalta la importancia de continuar investigaciones futuras de los riesgos asociados a los diferentes planteos tecnológicos para mejorar y estabilizar la producción agropecuaria en las regiones del país. De forma complementaria también será necesario estudiar alternativas en la gestión estratégica de la empresa, administración de cobertura de riesgos a fin de optimizar el beneficio de la firma minimizando los niveles de riesgo asumidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Badii, M. H., & Castillo, J. (2009). Distribuciones probabilísticas de uso común (Probabilistic distributions of common use). *International Journal of Good Conscience*, 4(1),149-178.
- Bell, L. W., & Moore, A. D. (2011, September). Mixed crop-livestock businesses reduce price-and climate-induced variability in farm returns: a model-derived case study. In 5th World Congress of Conservation Agriculture incorporating 3rd Farming Systems Design Conference Brisbane, Australia (pp. 26-29). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.04.003>

- Bell, L. W., Moore, A. D., & Thomas, D. T. (2021). Diversified crop-livestock farms are risk-efficient in the face of price and production variability. *Agricultural Systems*, 189, 103050. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103050>
- Berger, A., Pena de Ladaga, S., & Melón Gil, M. (2015). Cría ganadera y riesgo: evaluación mediante simulación Monte Carlo. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 23(37), 119-135. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/11989>
- Brandão, L., Dyer, J., & Hahn, W. (2012). Volatility estimation for stochastic project value models. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 642-648. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.059>
- Dogliotti, S., Rossing, W. A., & Van Ittersum, M. K.. (2003). ROT AT, a tool for systematically generating crop rotations. *European Journal of Agronomy*. 19(2), 239-250. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00047-3)
- FAO. (2017). *The impact of disasters and crises on agriculture and food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nation
- Gastaldi, L., & Miguez, D. (2022). Seguros agropecuarios basados en índices. Situación actual y visión de mercado de compañías aseguradoras. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1, 17-31. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/2336>
- Gandorfer, M., Pannell, D., & Meyer-Aurich, A. (2011). Analyzing the effects of risk and uncertainty on optimal tillage and nitrogen fertilizer intensity for field crops in Germany. *Agricultural Systems*. 104(8), 615-622. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.06.004>
- Gargano, A.O. & M.A. Adúriz, (2000). Modelos agropecuarios integrales para Bahía Blanca y Coronel Rosales, Argentina. *Arch. Latinoam. Prod. Animal*, 8(1), 24-33.
- Gargano, A.O, Aduriz, M.A., & Saldungaray, M.C. (1996) Modelación agropecuaria mediante programación lineal a partir de modelos Monte Carlo para el partido de Guaminí (Pcia. de Buenos Aires). *Revista Facultad de Agronomía* 16(3), 147-154. <https://core.ac.uk/download/pdf/44743687.pdf>
- Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A., ... & Rosegrant, M. (2010). Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(5967), 822-825. [DOI:10.1126/science.1183725](https://doi.org/10.1126/science.1183725)
- Hutchings, T., & Nordblom, T.L. (2011). A financial analysis of the effect of the mix of crop and sheep enterprises on the risk profile of dryland farms in southeastern Australia. *Australian Farm Business Management Journal*. 8(1), 20-42. [DOI: 10.22004/ag.econ.121467](https://doi.org/10.22004/ag.econ.121467)
- Illius, A. W.; J. F. Derry A. & I. J. Gordon. (1998). Evaluation of strategies for tracking climatic variation in semi-arid grazing systems. *Agricultural Systems*. 57(3), 381-398. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(98\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(98)00025-0)
- Kandulu, J. M., Bryan, B. A., King, D., & Connor, J. D. (2012). Mitigating economic risk from climate variability in rain-fed agriculture through enterprise mix diversification. *Ecological Economics*, 79, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.025>
- Meuwissen, M. P., Huirne, R. B. M., & Hardaker, J. B. (2001). Risk and risk management: an empirical analysis of Dutch livestock farmers. *Livestock production science*, 69(1), 43-53. Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A.,

- & Rosegrant, M. (2010). Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(5967), 822-825.
[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00247-5](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00247-5)
- Miguez, D.F. (2014). Análisis de riesgos en emprendimientos agropecuarios. Evaluación de resultados económicos esperados en proyectos productivos en el oeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 3(1), 69-92.
http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/rimf/rimf_v3_n1_05.pdf
- Milanesi, G. & Pesce, G. (2022) *Decisiones y Estrategias Financieras: Problemas de riesgo, inversión y valoración en Argentina*. Editorial Thomson Reuters, La Ley.
- Olivo, S. (2018). Análisis de la conveniencia de la cobertura de riesgo de precios con opciones en la actividad agropecuaria a través de simulaciones. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 2, 115-135. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/1431>
- Quirolo, M.E., Gesualdo, E., Pellerano, L., & Roselló, J. (2023). Impacto económico de la variabilidad climática en la producción agropecuaria de la provincia de Chaco. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 12(I), 42-61.
<https://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/2751/3519>
- Saldungaray, M.C.; Conti, V.; Lauric, A.; De Leo, G., & Torres Carbonell, C. (2017). Actualización de la Unidad Económica Agraria en el Partido de Bahía Blanca. *X Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos*.
- Scian, B., Labraga, J.C., Reimers, W., & Frumento, O. 2006. Characteristics of large-scale atmospheric circulation related to extreme monthly rainfall anomalies in the Pampa Region, Argentina, under non-ENSO conditions. *Theor. Appl. Climatol.* 85:89-106.
- Scott, G. 2011. Strategic Planning for High-Tech Product Development. *Technology Analysis & Strategic Management* 13(3).
- Thomasz, E., Casparri, M., Fusco, M., Rondinone, G., & Vilker, A. (2015). Medición económica de eventos climáticos extremos en el sector agrícola: el caso de la soja en argentina. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 2, 30-57.
<https://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/1530>
- Torres Carbonell, C., Lauric, A., De Leo, G., Saldungaray, M.C., Adúriz, M., Scoponi, L., Chimeno P., Piñeiro, V., Conti, V., Nori, M., & Cristiano G. (2021). Evaluación de Alternativas de Manejo Ganadero en Escenarios de Sequía Severa en Bahía Blanca. *Revista Argentina de Economía Agraria*, 22(1), 1-17. https://raea.org.ar/revistaaaea_arg/article/view/39/37
- Torres Carbonell, C., Chimeno, P., Cristiano, G., Saldungaray, M.C., Adúriz, M., Piñeiro, V., Lauric, A., De Leo, G., & Scoponi, L. (2022). Impacto de niveles crecientes de suplementación en la invernada de terneros en un año climático promedio del sudoeste bonaerense. *Revista Argentina de Economía Agraria* 23(1), 43-59.
https://raea.org.ar/revistaaaea_arg/article/view/47/41