

Evaluación del riesgo económico de un sistema de producción de uvas comunes mediante un modelo de simulación estocástica

María Eugenia Van den Bosch¹

¹ Laboratorio de Socio Economía Estación Experimental Mendoza
CR Mendoza San Juan INTA San Martín 3853
(5507) M. Drummond. Mendoza República Argentina
vandenbosch.maria@inta.gob.ar

Resumen. A partir de indicadores económicos de un sistema productivo tradicional de Mendoza se obtuvieron mediante simulación estocástica las distribuciones empíricas, lo cual constituye indicadores de riesgo en distintos horizontes temporales. Para ello se recurrió, a diferencia de trabajos anteriores a un modelo multiperíodico formulado en R. Registros de organismos públicos fueron la fuente de datos que permitieron estimar los parámetros utilizados en las simulaciones. Como resultado se obtuvieron las distribuciones empíricas del Margen Bruto a partir de la cual se deducen diversos umbrales correspondientes a diversos plazos que comprometen la sustentabilidad económica. Por ejemplo, este modelo presenta una probabilidad del 25% de no cubrir gastos directos, lo cual comprometería su desenvolvimiento en el corto plazo de no mediar fondos extraprediales. En anexo se presenta el algoritmo desarrollado para la generación.

Palabras clave: R, Montecarlo, riesgo económico, viñateros, Mendoza

1 Introducción

Los viñedos dedicados a la producción de uvas para la elaboración de vinos sin identificación varietal, conocidas localmente como *uvas comunes*, forman una parte importante de los agroecosistemas de Mendoza, ocupando una superficie cercana a las 50 mil ha en manos de unos 5 mil productores. Su producción es indiferenciada, de consumo masivo y como tal se comporta como *commodity*, basando su competitividad en los costos. Es un sistema productivo regresivo, expuesto a variaciones de precios y a contingencias climáticas, dentro de las cuales el granizo constituye la principal amenaza.

Los factores más comunes que amenazan los objetivos del sistema provienen de variaciones del precio del producto o de los rendimientos[1]. Ambos pueden oscilar debido a factores macro o microeconómicos, ambientales o fisiológicos y ser altamente sensibles al impacto de catástrofes, entendidas éstas como eventos de frecuencia baja, pero de gran impacto. Estas variaciones poseen una distribución de probabilidad reconocida. Según Vélez Pareja (2003)[2] algunas de las causas de variabilidad

comprenden también la inexistencia de registros previos, la presencia de sesgos, cambios macroeconómicos, cambios políticos, errores de interpretación, obsolescencia, contingencias y catástrofes climáticas. La productividad está influenciada directamente por factores ecosistémicos, donde la componente meteorológica constituye el principal, tanto por su impacto directo o indirecto, al disparar procesos sanitarios o fisiológicos [3, 4]. Estas amenazas impactan asimismo sobre la estructura de costos al generar respuestas reactivas. Otra fuente está constituida por una desacertada elección tecnológica, desconocimiento del manejo, pérdida por roturas de maquinarias y su eventual salida de servicio [2]. Las anteriores constituyen amenazas **productivas** [5].

El entorno socio económico impacta tanto a través del precio de los productos como de los factores reflejado en el costo de insumos, alquileres de tierras y tasas de interés [2, 6] como en la disponibilidad de los mismos; forman parte de las amenazas del **mercado**.

Los cambios institucionales provienen de modificaciones no previstas en políticas y regulaciones (del propio país tanto como de un tercero) que alteran precios de productos y factores, tales como normas ambientales, impositivas, aduaneras o financieras [2, 7] constituyen amenazas **legales**. Los peligros **personales** inherentes al ser humano como tal, afectan los resultados, mencionando muerte, discapacidad o problemas familiares [2, 7]. Se identifican también amenazas sobre el capital tales como vandalismo, robo o incendio, por ejemplo Aparecen asimismo como amenazas los contractuales ante el incumplimiento de compromisos asumidos tanto por compradores, proveedores o socios [2]. Otros autores clasifican estos peligros como tácticos u operativos y estratégicos. En general los primeros responden a una sola fuente y se conoce su probabilidad, mientras que en los segundos son más inciertos y responden a múltiples causas (por ejemplo el “*clima de negocios*”) [8].

Los **peligros** son estos eventos potencialmente dañinos y de acuerdo a su recurrencia pueden clasificarse como a- Recurrentes discretos, b-Continuos y permanentes c-Discretos y singulares. Los primeros, identificados en la bibliografía como “*shocks*” [9] incluyen fenómenos como heladas fuera de estación, huracanes, tornados, incendios y granizo. El segundo grupo involucra al término de “*stress*” [10], el aumento de la temperatura media, la reducción paulatina de las precipitaciones o la degradación edáfica son ejemplos de estos casos. En el tercer grupo se mencionan cambios en la circulación atmosférica u otro fenómeno tanto de naturaleza ambiental como político que altera las condiciones en forma definitiva. Los cambios en las preferencias del consumidor forman también móviles.

Estas contingencias pueden caracterizarse de acuerdo a su magnitud, concebida a través de su intensidad y extensión, su duración y su frecuencia. Existen así eventos de naturaleza estocástica capaces de provocar daños o ser disparadores de las mismas, la probabilidad de ocurrencia de este evento independientemente del nivel de daño que induzca es la peligrosidad [11].

El **riesgo** económico se concibe como la probabilidad a la que el sistema está expuesto de no alcanzar a cumplir sus objetivos. Estos pueden ser netamente productivos: rendimientos, calidades, oportunidades o económico financieros (margen bruto, margen neto, o utilidad). Puede entenderse asimismo como las pérdidas estimadas (de

vidas, de daños a personas y bienes, a actividades económicas) atribuidas a un evento particular, en un área determinada por un periodo de referencia [12]. Esta probabilidad es la conjunción de factores de diversa naturaleza como peligrosidad, vulnerabilidad y exposición [13].

La **vulnerabilidad** constituye una propiedad del sistema socio ecológico y es una medida de susceptibilidad a ser dañado, inhibido o marginalizado [14], al ser incapaz de enfrentar, absorber o neutralizar el impacto. La **exposición** describe el grado en el que el sistema socio ecológico ingresa al ámbito de acción del evento peligroso [15][17] y se representa con patrones espaciales o temporales.

Según Gorsky y Górska (2003)[16] la variabilidad se calcula a partir de los residuos de series cronológicas multianuales libres de tendencia, son producto de procesos estocásticos y poseen una función de densidad. Para evaluar el riesgo cuantitativamente es necesario contar con la forma de distribución de estas variables y los parámetros correspondientes. Siempre la variabilidad a nivel predial es mayor que en escalas superiores como lo señalan Wang *et al.* (2006) [17], por esta razón las series de datos a utilizar para calcular distribuciones deben originarse en la misma escala para la que serán empleadas [18] o ser ajustadas de acuerdo a su función de distribución [17].

Anderson *et al.* (1972) [19] definían al modelo bioeconómico como una representación simbólica, tanto como la manipulación numérica, de la trayectoria temporal de un sistema real. Un modelo estocástico introduce en su formulación valores aleatorios provenientes de una distribución de probabilidades y devuelve como resultado –entre otros- funciones de densidad de la/s variable/s de salida. Si bien existen otras alternativas para evaluar trayectorias, como son los juegos, donde el valor de las variables se establece por múltiples decisiones humanas, los modelos estocásticos generan resultados *ex ante* basados en valores empíricos y sus distribuciones; constituyen una herramienta útil para la representación del desempeño de los agroecosistemas a partir de las interacciones dinámicas entre las diversas dimensiones (natural, socio económica, institucional) a través de varias escalas y niveles [20], combinando la acción de diversos procesos. A diferencia de otros modelos, tiene en cuenta factores aleatorios, determinantes de los comportamientos y de los resultados y su aplicación es tradicional en agroeconomía, permitiendo la cuantificación explícita del riesgo, lo cual es relevante en ciertos eventos de baja incidencia pero alto impacto [21].

Las variables estocásticas funcionan como ingresos al sistema de interés y son exógenas cuando provienen de un sistema de mayor jerarquía que ejerce control sobre éste. La previsión del comportamiento de estas variables debe tener en cuenta la presencia de tendencias regulares o ciclos, su variabilidad –determinante de su naturaleza- y de la presencia de retroalimentaciones.

Los procedimientos de simulación estocástica tuvieron su origen en la necesidad de solucionar problemas militares, para luego extender su aplicación a otros, dentro de los cuales se encuentra el análisis de agroecosistemas [22], a distintas escalas de agregación – desde una nación a una firma – para indagar también a nivel de procesos vegetales [7] hasta impacto del cambio climático [23].

Su uso está difundido en la estimación de riesgos asociados tanto a variaciones de precio de los productos como de los rendimientos. Dent *et al.* [8] lo aplicaron para planificación de inversiones agropecuarias combinado con Programación Lineal siendo sus trabajos precursores.

Pandey & Hardaker [24] indican que son particularmente apropiados a problemas con variables no lineales y su aplicación está difundida en la evaluación de sustentabilidad económica de sistemas productivos.

La simulación estocástica se ha aplicado en modelos vitícolas: prácticas culturales como control de malezas [25], sustentabilidad e innovación vitícola [26] en sistemas vitícolas norteamericanos o versiones anteriores del presente [27, 28] orientadas a evaluar la sustentabilidad económica de viñedos en contextos de riesgo, recurriendo a planillas de cálculo.

La evaluación del riesgo económico de un sistema productivo presente en determinado agroecosistema consiste en calcular la probabilidad de no alcanzar determinados umbrales en los resultados de la explotación, medidos a través de indicadores. Un margen bruto negativo señala un resultado económico que compromete la continuidad del siguiente ciclo productivo de no mediar aportes exógenos. Los siguientes indicadores permiten extender el plazo de supervivencia: un ingreso neto negativo (con los indicadores anteriores positivos) por ejemplo señala la incapacidad de reposición de activos por no cubrir la cuota de amortización; cuando el sistema es incapaz de retribuir el costo de oportunidad del capital, en cambio la actividad puede persistir, sobre todo con inversiones “*hundidas*” pero el valor indica que la misma no se ampliará.

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un algoritmo en R para evaluar el riesgo económico a través de las probabilidades de no alcanzar umbrales económicos determinados, recurriendo a la simulación estocástica de un modelo bioeconómico representativo, en este caso los productores de uvas comunes no familiares de la provincia de Mendoza.

2 Material y métodos

2.1 Las explotaciones vitícolas de la provincia de Mendoza productoras de uvas comunes y su modelo representativo

Las fincas productoras de uvas de variedades comunes (criollas, Cereza, Pedro Giménez, Moscatel Rosada entre otras), también conocidas como “*uvas mezcla*”, constituyen un sistema productivo tradicional en los oasis mendocinos. Pueden identificarse dentro de este conjunto dos grupos según la organización del trabajo: familiares y no familiares. En el primero predomina el trabajo familiar no remunerado y en el segundo el asalariado. El presente trabajo se enfoca a las unidades no familiares. Se acuerdo a los últimos datos censales disponibles consta de 4.160 explotaciones agropecuarias y 41.700 ha de viñedos.

El modelo bioeconómico fue construido a partir de los datos censales disponibles, los cuales fueron posteriormente validados en talleres de expertos formados por técni-

cos y productores. Se parte de un esquema descriptivo de la estructura y funcionamiento del sistema relevante para el cálculo de indicadores: tamaño, composición del capital fundiario y de explotación, planta de personal fijo y temporario según calificación, catálogo tecnológico, productividad y destino de la producción.

El modelo consta de una unidad de 15 ha de parrales de uvas criollas, gestionado por un productor con un operario permanente y personal jornalizado. El parque de maquinarias consta de un tractor antiguo y los implementos de uso corriente.

La operación del sistema fue volcada en una planilla de cálculo que permitió la carga en un tablero de comando de los datos de ingreso, que devolvía los valores determinísticos de los resultados de las operaciones culturales.

La Figura 1 presenta los indicadores aplicados al modelo bioeconómico. El Margen Bruto resulta de descontar del ingreso en finca (precios por cantidad vendida) los gastos directamente imputables a las actividades (insumos, energía, salarios, combustibles, servicios). El Resultado Operativo se calcula como la diferencia del Margen Bruto y las erogaciones atribuibles a la estructura (administración y asistencia técnica, impuestos, movilidad, etc.). La valorización de las amortizaciones permite descontar del indicador anterior y origina el Ingreso Neto. Teóricamente a partir de este valor se cubren las necesidades del productor. Al valorizar la mano de obra familiar no remunerada a su costo de oportunidad se puede calcular el Ingreso al Capital. La Utilidad Líquida resulta de descontar el costo de oportunidad del capital calculado por su tasa de interés.



Fig. 1. Resultados económicas de la explotación agropecuaria ([29]).

Precio de los productos. Este sistema productivo remite al mercado vino a granel elaborado por régimen de terceros (el 70% de la uva producida) y el resto a una planta concentradora de jugo de uva. Los precios promedios fueron extraídos de la base de datos del Observatorio Vitivinícola Argentino y actualizados a valores de diciembre de 2019 arrojando un valor de \$18,24/litro para el vino en el mercado de traslado. Luego de una evaluación de los estadísticos de ajuste de la distribución de precios de los vinos se optó por una función triangular. El coeficiente de correlación entre los dos productos permitió vincular ambos mediante un modelo lineal.

Rendimientos. La productividad **base** de un parral está directamente determinada por el número de yemas; esta variable está fijada directamente por la poda y de no mediar contingencias presenta bajos valores de desviación, pudiéndose ajustar esta distribución a una función normal. El valor promedio determinado alcanza a 23 mil kg por ha con una desviación típica del 10%.

El impacto de las contingencias, en este caso específicamente el granizo por ser el único relevante, opera sobre la distribución de la primera función. La incidencia del evento constituye una variable discreta ajustable a una distribución de Poisson [30, 31], donde el coeficiente λ corresponde a la probabilidad de ocurrencia del evento.

La fuente de datos sobre incidencia y severidad fue tomada de los registros provistos por la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas del Gobierno de Mendoza (DACC). Esta base, con datos desde 2002, consigna la cantidad de casos denunciados, la superficie afectada y tres niveles de daños (menos del 50%, del 50% al 80%, más del 80%) permitió calcular el valor λ para cada nivel de severidad. Dado que los registros consignan daños, los mismos constituyen una medición directa del riesgo. Si se recurriera a los registros del Servicio Meteorológico Nacional, donde consigna ocurrencia de eventos de granizo, hubiera sido necesario incorporar indicadores de vulnerabilidad y exposición del sistema en estudio, como por ejemplo época de ocurrencia y presencia de sistemas de protección.

Se generaron así una serie de factores anidados que calculaban el rendimiento bajo el impacto del granizo. En caso de ocurrir el evento, una función triangular asignaba el valor de severidad de cada nivel de daño.

Los eventos de mayor nivel de daños (más del 80%) afectan no solamente la producción en curso, sino que por su severidad comprometen la de los dos siguientes años al dañar estructuralmente la cepa. Este fenómeno hizo necesario diseñar un modelo multiperiodico, que permitió calcular indicadores de flujo como el Valor Neto Actual.

La combinación anidada de la distribución continua de los rindes con la incidencia de granizo (discreta) y la severidad (continua) dio origen a una distribución de rendimientos continua [32].

Costos de producción. Las variables técnicas extraídas del modelo permitieron la formulación de un catálogo tecnológico; la valorización de los activos tanto corrientes como no corrientes dio lugar a la obtención de los indicadores del modelo base. La Tabla 1 presenta los valores obtenidos.

Tabla 1. Modelo de producción de uvas comunes con trabajo no familia. Indicadores económicos (en \$ de diciembre de 2019)

Indicador	\$ /ha	\$/ establecimiento
Insumos	21.216	
Mano de obra directa sin cosecha	73.218	
Combustibles y lubricantes	12.386	
Energía eléctrica	5.848	
Cuota de conservación y mantenimiento		192.890
Gastos de administración		75.850
Canon de riego		88.200
Amortizaciones no contables		515.748
Mano de obra personal y familiar		133.792
Intereses del capital fundiario y de explotación		779.218
Intereses del capital circulante		340.108

2.2 El modelo probabilístico. Simulación Monte Carlo

Esta técnica forma parte de las herramientas de la economía experimental. En términos generales se entiende como una simulación Monte Carlo a cualquier procedimiento que recurre al uso de variables aleatorias para resolver un problema. Genera a partir de una distribución de probabilidad preestablecida una secuencia de valores que conforman una muestra de la población, a la cual pueden calcularse estimaciones de los parámetros. Estos valores son función de los valores aleatorios generados y combinados.

El algoritmo de simulación probabilístico. Rstudio@[33] fue el programa utilizado para editar los algoritmos y correr las simulaciones. En anexo se presentan los algoritmos empleados. Los paquetes de programas que fueron incluidos son:

- triangle [34] : genera las funciones típicas para una distribución triangular.
- ggplot [35] para la visualización recurriendo a “*gramática de gráficos*”
- ggrepel [36] mejora la distribución de leyendas y texto en gráficos.

Parámetros aplicados. La Tabla 2 expone los valores de las variables a simular.

Tabla 2 Distribuciones y parámetros de las variables estocásticas aplicadas en el modelo probabilístico

Variable	Distribución	Parámetros		
Precio del vino de traslado	Triangular	Modo: \$13,16	Max: 27,94	Min:\$ 4,32
Rendimiento base	Normal	Media:23.000 kg	DS =2300 kg	
Incidencia granizo 80-100% daños	Poisson	$\lambda = 5\%$		
Severidad granizo 80-100% daños	Triangular	Modo: 90%	Max: 100%	Min: 80%
Incidencia granizo 50-79% daños	Poisson	$\lambda = 10\%$		
Severidad granizo 50 - 79% daños	Triangular	Modo: 65%	Max: 79%	Min: 50%
Incidencia granizo <50% daños	Poisson	$\lambda = 40\%$		
Severidad granizo <50% daños	Triangular	Modo: 35%	Max: 49%	Min: 5%

3 Resultados

En la Figura 2 se presentan la distribución empírica acumulada del Margen Bruto de un año en particular; constituye un resultado de corte. Los valores resultan de la combinación de precios, rendimientos base, incidencia y severidades de los eventos extremos. Las líneas verticales señalan el umbral de los distintos indicadores, lo que permite determinar la capacidad de los ingresos de afrontar los distintos componentes del costo productivo.

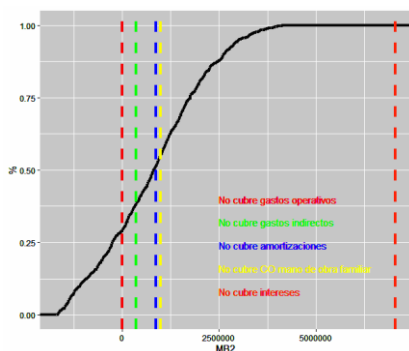


Fig. 2. Distribución empírica acumulada del Margen Bruto (Año 2) y umbrales

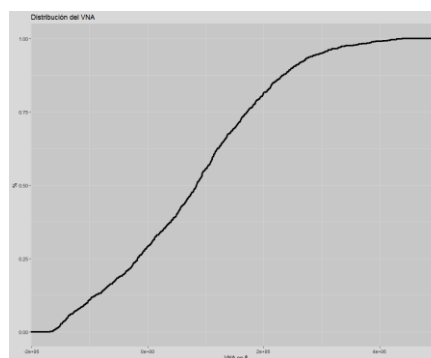


Fig. 3. Distribución empírica acumulada del Valor Neto Actual (10%)

De esta forma puede observarse que existe una probabilidad cercana al 30% de no cubrir los gastos operativos y más del 50% de no alcanzar a retribuir ni gastos ni amortizaciones y el costo de oportunidad de la mano de obra familiar.

En la Figura 3 presenta la distribución acumulada del Valor Neto Actual de los flujos de fondos

4 Conclusiones

Este trabajo constituye a nivel regional una de las primeras experiencias en evaluar el riesgo económico, fuera de las planillas de cálculo tradicionales, recurriendo a R para la generación de los valores y su representación gráfica. Si bien el proceso de formulación de los algoritmos fue inicialmente laborioso, el proceso es posteriormente ágil y muy flexible.

Con respecto a los resultados, los valores explican el estancamiento y deserción de este sistema productivo tradicional donde se observó una probabilidad del 25% de incapacidad de reproducir el siguiente ciclo al no poder reponer el capital de trabajo. Los demás indicadores – cada vez más restrictivos- señalan lapsos de compromiso de mayor magnitud. Por ejemplo, un valor de Ingreso Neto negativo (considerando positivos los anteriores) indicaría una incapacidad de continuar cuando se deba reponer un bien cuando la salida de servicio de ese activo se produzca, al no contar con un fondo de amortizaciones. Si el emprendimiento no compensa el costo de oportunidad de la mano de obra familiar del productor y su familia, tarde o temprano se verán obligados a optar por otras actividades que remuneren su dedicación. En cambio, valores de utilidad negativos no explicarían por sí el abandono, pero sí el estancamiento de la actividad ante la incapacidad de retribuir la inmovilización de activos.

4.1 Reconocimientos

Este trabajo constituye un producto del Proyecto Específico (PE) I065 Gestión Integral del Riesgo Agropecuario, integrante del Programa Nacional de Ecofisiología y Agroecosistemas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

5 Referencias bibliográficas

1. Marra, R., Ras, C., & Kurinic, E. El riesgo en las relaciones entre agricultura y ganadería en la Depresión del Salados. En C. Vicién, G. Petri, & M. M. Di Paola (Eds.), 7° Taller internacional «La modelización en el sector agropecuario» (pp. 234-250)(2018). Buenos Aires, Argentina: Fundación Sadosky.
2. Vélez Pareja, I. Decisiones empresariales bajo riesgo e incertidumbre (2003). Bogotá: Grupo Editorial Norma.
3. Ford, S. A., Ford, B. P., & Spreen, T. H. Evaluation of alternative risk specifications in farm programming models. *Agricultural and Resource Economics Review*, 24(1), 25-35(1995).

4. Meuwissen, M. P. M., Hardaker, J. B., Huirnei, R. B. M., & Dijkhuizen, A. A. Sharing risks in agriculture; principles and empirical results. *Netherlands Journal of Agricultural Science. Wageningen Journal of life sciences*, 49(2001), 343-356(2001).
5. Janke, W. Statistical Analysis of Simulations: Data Correlations and Error Estimation. En J. Grotendorst, D. Marx, & A. Muramatsu (Eds.), *Quantum Simulations of Complex Many-Body Systems: From Theory to Algorithms*, Lecture Notes (Vol. 10, pp. 423-445)(2002). Jülich: John von Neumann Institute for Computing
6. Perry, G. M., Rister, M. E., Richardson, J. W., & Grant, W. R. Analyzing tenure arrangements and crop rotations using farm simulation and probit analysis. *Southern Journal of Agriculture Economics*, 1986(December), 165-174(1986).
7. Anderson, J. R. Simulation: methodology and application in agricultural economics. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 42(01), 1-54(1974). Recuperado a partir de <http://purl.umn.edu/9675>
8. Dent, J. B., & Byrne, P. F. Investment planning by Monte Carlo simulation. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 37(02), 104-120(1969). Recuperado a partir de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/9228/1/37020104.pdf>
9. Chavez, E., Conway, G., Ghil, M., & Sadler, M. An end-to-end assessment of extreme weather impacts on food security. *Nature Climate Change*, 5(11), 997-1001(2015). ht
10. Miller, F., Osbahr, H., Boyd, E., Thomalla, F., Bharwani, S., Ziervogel, G., Nelson, D. Resilience and vulnerability: Complementary or conflicting concepts? *Ecology and Society*, 15(3)(2010). <https://doi.org/10.5751/ES-03378-150311>
11. Alwang, J., Siegel, P. B., & Jørgensen, S. L. *Vulnerability: A View From Different Disciplines. Social Protection Discussion Paper Series* (Vol. 0115)(2001). Washington DC: Social Protection Unit Human Development Network The World Bank.
12. Downing, T., & Pathwardhan, A. Assessing Vulnerability for Climate Adaptation. En E. B. Lim & Spanger-Siegfried (Eds.), *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures* (pp. 69-88)(2004). Cambridge University Press.
13. Crichton, D. The risk triangle. *Natural Disaster Management*(1999).
14. Adger, W. N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(2006), 268-281(2006).
15. Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Welle, T. Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193-211(2013). <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>
16. Górski, T., & Górska, K. The effects of scale on crop yield variability. *Agricultural Systems*, 78(2003), 425-434(2003).
17. Wang, E., Williams, J. R., & Little, B. B. Prediction of Weather Event Associated Crop Yield Losses in Kansas. En *Southern Agricultural Economics Association Annual Meetings*(2006). Orlando, Florida.
18. Pena de Ladaga, S. Usos de distintos tipos de distribuciones de rindes ¿ Hay diferencias en la predicción de probabilidad de pérdidas? En C. Vicién, G. Petri, & M. M. Di Paola (Eds.), *7º Taller internacional «La modelización en el sector agropecuario»* (pp. 189-213)(2018). Buenos Aires, Argentina: Fundación Sadosky.
19. Anderson, J. R. An overview of modelling in agricultural management. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 40(3), 111-123(1972). Recuperado a partir de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/9642/1/40030111.pdf>
20. Feola, G., Sattler, C., & Saysel, A. K. Simulation models in Farming Systems Research: potential and challenges. En I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: the New Dynamic* (pp. 281-306)(2012). Dordrech Heidelberg New York London: Springer.
21. Thornton, P. K., & Herrero, M. Integrated crop–livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems*, 70(2001), 581-602(2001).
22. Belcher, K. W., Boehm, M. M., & Fulton, M. E. Agroecosystem sustainability: a system

- simulation model approach. *Agricultural Systems*, 79(2004), 225-241(2004).
23. Mittenzwei, K., Persson, T., Höglind, M., & Kværnø, S. Combined effects of climate change and policy uncertainty on the agricultural sector in Norway. *Agricultural Systems*, 153, 118-126(2017). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.016>
 24. Pandey, S., & Hardaker, J. B. The Role of Modelling in the Quest for Sustainable Farming Systems. *Agricultural Systems*, 47, 439-450(1995).
 25. Biarnès, A., & Boissieux, Y. Identifying indicators of the spatial variation of agricultural practices by a tree partitioning method: The case of weed control practices in a vine growing catchment. *Agricultural Systems*, 99(2009), 105-116(2009).
 26. McCorkle, D. A., Dudensing, R. M., Hanselka, D. D., & Hellman, E. W. The long-term viability of US wine grape vineyards: Assessing vineyard labour costs for future technology development. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 36(3), 308-334(2019). <https://doi.org/10.1504/IJESB.2019.097734>
 27. Van den Bosch, M. E. Sustentabilidad económica diferencial y exposición al riesgo de los viñateros cuyanos de uvas comunes. En *III Congreso Regional de Economía Agraria. XVI Congreso de Economistas Agrarios de Chile. XLII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria* (p. 21)(2011). Valdivia, Chile.
 28. Van den Bosch, M. E. Sustentabilidad económica comparativa de los principales modelos productivos de viñateros de uvas finas de la Provincia de Mendoza. En *XLIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria* (pp. 8-28)(2012). Corrientes: AAEA.
 29. Van den Bosch, M. E., Lysiak, E., Sabadzija, G., Alvarado, P., Vera, L. M., Mosciaro, M., & Rodríguez, M. *Indicadores económicos para la gestión de establecimientos agropecuarios con cultivos plurianuales. Bases metodológicas.* (M. Mosciaro, Ed.) *Estudios económicos de los sistemas productivos y recursos naturales* (Vol. 14)(2011). Buenos Aires: INTA.
 30. Boissonnade, A., & Ulrich, P. *How to Best Use Engineering Risk Analysis Models and Geographic Information Systems to Assess Financial Risk from Hurricanes*(1995).
 31. Yin, J., Ogane, Y., Welch, M., & Jin, K. Modelling European Hail Risk Using Ground Hail Reports and Weather Radar Data for insurance Loss Estimation. En *4th European Conference on Severe Storms* (2007). Trieste Italy.
 32. Berger, A. M. Modelos de simulación agronómica: una alternativa para simular rindes. En C. Vicién, G. Petri, & M. M. Di Paola (Eds.), *7° Taller internacional «La modelización en el sector agropecuario»* (pp. 175-188)(2018). Buenos Aires, Argentina
 33. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing(2019). Vienna, Austria.
 34. Rob Carnell. triangle: Provides the Standard Distribution Functions for the Triangle Distribution. R package version 0.12(2019).
 35. H. Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis(2016). New York: Springer-Verlag.
 36. Kamil Slowikowski. ggrepel: Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with «ggplot2». R package version 0.8.1(2019).