

Pérez, Gustavo Agustín; Ferro Moreno, Santiago; Milanesi, Gastón S.

MODELIZACIÓN DE ARTICULACIONES EN EL ENTRAMADO GANADERO BOVINO: APLICACIÓN DEL MARCO DE TEORÍA DE JUEGOS

PERSPECTIVAS DE LAS CIENCIAS ECONÓMICAS
Y JURÍDICAS

2023, vol. 13, no.1, pp. 87-101

Pérez, G. A., Ferro Moreno, S., Milanesi, G. S. (2023). Modelización de articulaciones en el entramado ganadero bovino: aplicación del marco de teoría de juegos. Revista Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas.. En RIDCA. Disponible en:
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/6310>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Modelización de articulaciones en el entramado ganadero bovino: aplicación del marco de teoría de juegos

Santiago Agustín Pérez

Conicet; Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, Santa Rosa, Argentina

✉ s.perez@conicet.gov.ar

Santiago Ferro Moreno


Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, Santa Rosa, Argentina

✉ sferromoreno@agrounlpam.edu.ar

Gastón Silverio Milanesi

Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ciencias de la Administración, Bahía Blanca, Argentina

✉ miilanesi@uns.edu.ar

 Fecha de recepción: 03/08/2022 – Fecha de aceptación: 03/10/2022

Cómo citar este artículo: Pérez, S. A.; Ferro Moreno, S. y Milanesi, G. S. (2023). Modelización de articulaciones en el entramado ganadero bovino: aplicación del marco de teoría de juegos. *Revista Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas*. Vol. 13, N° 1 (enero-junio). Santa Rosa: FCE-yJ (UNLPam); EdUNLPam; pp. 87-101. ISSN 2250-4087, e-ISSN 2445-8566. <http://dx.doi.org/10.19137/perspectivas-2023-v13n1a07>

Resumen: El marco de teoría de juegos puede ser empleado en un amplio abanico de disciplinas y casos de estudio. El presente trabajo propone el enfoque de teoría de juegos y rejillas binomiales como herramientas estratégicas para analizar y evaluar la articulación y toma de decisiones de actores del complejo ganadero cárnico bovino, específicamente entre cría e invernada. La originalidad surge de incorporar la interdependencia estratégica y articulaciones entre jugadores, considerando distintos escenarios de cada negocio particular. Los resultados permiten concluir que se llega a un dilema de prisionero a partir de las diferencias entre articularse mediante canales planteados. El criador, como actor de menor poder, es



Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

quien debería orientar mayores esfuerzos de articulación directa con el invernador.

Palabras clave: coordinación; modelo económico; articulaciones; equilibrios.

Joint modeling in the bovine livestock network: application of the game theory framework

Abstract: The game theory framework can be used in a wide range of disciplines and case studies. The present work proposes the game theory approach and binomial grids, as strategic tools to analyze and evaluate the articulation and decision making of actors of the bovine livestock complex, specifically breeding and wintering. The originality arises from incorporating the strategic interdependence and articulations between players considering different scenarios of each particular business. The results allow us to conclude that a prisoner's dilemma is reached from the differences between articulating through raised channels. The breeder, as an actor with less power, is the one who should guide greater efforts of direct articulation with the winterer.

Keywords: Coordination; economic model; joints; equilibrium.

Modelagem conjunta na rede pecuária bovina: aplicação do framework da teoria dos jogos

Resumo: A estrutura da teoria dos jogos pode ser usada em uma ampla gama de disciplinas e estudos de caso. O presente trabalho propõe a abordagem da teoria dos jogos e grades binomiais, como ferramentas estratégicas para analisar e avaliar a articulação e tomada de decisão dos atores do complexo pecuário de carne bovina, especificamente entre criação e invernada. A originalidade decorre da incorporação da interdependência estratégica e das articulações entre os players considerando os diferentes cenários de cada negócio em particular. Os resultados permitem concluir que o dilema do prisioneiro é alcançado a partir das diferenças entre articular por canais elevados. O criador, como ator com menor poder, é quem deve orientar maiores esforços de articulação direta com o invernante.

Palavras-chave: coordenação; modelo econômico; articulações; saldos.

1. Introducción

Los estudios de dinámica comercial y estratégica aplicados al complejo ganadero bovino cárnico son de gran interés a nivel nacional y de La Pampa en particular (Iturrioz e Iglesias, 2006; Paturlanne, 2019; Diez, 2020; Sigauco y Terré, 2021). Uno de los mayores desafíos es, precisamente, la necesidad de consolidarse conjuntamente como un entramado de relaciones con intereses concurrentes entre las partes (Iglesias *et al.*, 2005). Diversos estudios competitivos lo plantean como un complejo con altos costos de transacción y tensiones al interior de la cadena entre los diversos actores que la componen (Bisang, 2003; Santangelo y García de la Torre, 2004; Diez, 2020).

Las interdependencias estratégicas entre actores de un entramado productivo pueden ser modelizadas y evaluadas mediante el marco de teoría de

juegos (TJ). La TJ se plantea como una herramienta matemática de apoyo en la toma de decisiones estratégicas ante una situación de conflictos de intereses (Peña Ruiz, 2019). Algunos antecedentes han aplicado el marco de TJ en problemas similares de optimización en una cadena de suministro, considerando que cada actor compite para obtener el mayor beneficio posible. La teoría de juegos cooperativa permite establecer acuerdos entre jugadores y es considerada como un enfoque de solución en este tipo de planteos (Fernández García, 2000).

En este caso se analiza una propuesta para la implementación de mecanismos de coordinación en el complejo ganadero bovino cárnico para la región pampeana. El objetivo del trabajo es modelar la articulación comercial y la negociación entre el productor de cría con el invernador ganadero bovino, aplicando el marco de la teoría de juegos y analizando la estrategia de desarrollar contratos de suministro según distintos escenarios, evaluando la volatilidad en los resultados de los modelos. Además, se tendrá en cuenta la valorización de las penalidades para el cumplimiento de contratos de manera sostenible que permita mantener la función económica de los jugadores.

Lo novedoso se basa en la utilización de la teoría de juegos para analizar las estrategias y el uso de rejillas binomiales para calcular los flujos futuros a obtener y los equilibrios que se pueden obtener en la articulación comercial. En un primer apartado, entonces, se desarrollará un análisis sobre el marco teórico de teoría de juegos. Luego, se planteará el marco metodológico para el cumplimiento de los objetivos planteados. En tercer lugar, se dará cuenta de los resultados del trabajo y se analizarán los elementos para la teoría de juegos, flujos de fondos, escenarios y penalidades. Por último, se desarrollarán las reflexiones finales y las conclusiones sobre el trabajo.

2. Marco de teoría de juegos

Los autores von Neumann y Morgenstern (1944) son quienes dieron inicio al marco de teoría de juegos, enfocados en el análisis microeconómico y competitivo de la estrategia empresarial, en su libro *The theory of games and economic behavior*. Algunos autores ya habían anticipado algunas ideas (por ejemplo, Cournot y Edgeworth), sin embargo, von Neumann y Morgenstern son quienes explicitaron y desarrollaron la importancia de la teoría de juegos para estudiar las relaciones humanas en diversos escenarios. En este marco, la aplicación de esta teoría se da cuando los resultados de las acciones seleccionadas por cada uno de los jugadores dependen, al menos en parte, de las acciones elegidas por otros (Aguado Franco, 2007). Esto permitió un análisis formal de las interacciones competitivas en la economía y la estrategia empresarial, aunque su alcance e influencia se extendió a campos tan diversos como la ciencia política, el derecho, el deporte, la guerra, la biología, entre otras ramas (Smit y Trigeorgis, 2004).

La teoría de juegos estudia las situaciones de interdependencia, permitiendo un análisis de la competencia y la cooperación, que se deriva de la teoría de la decisión interdependiente (Aguado Franco, 2007; Roughgarden, 2010). El pensamiento estratégico requiere que los jugadores analicen los posibles resultados o recompensas que generan beneficios individuales o colectivos por parte de sus decisiones (Cader, 2014). Un juego es cualquier escenario de decisión caracterizado por una interdependencia estratégica, gobernada por reglas y con un resultado definido (Peña Ruiz, 2019). Permanentemente, los actores sociales toman decisiones donde el resultado de estos depende de las decisiones de los demás y, a su vez, las decisiones de los demás dependen de la suya (Gutiérrez Naranjo, 2015).

La evolución de la teoría se puede dar en el planteamiento de los tipos de juegos. Es así como von Neumann y Morgenstern (1944) iniciaron el planteamiento mediante los juegos de suma cero, donde lo que gana uno pierde el otro. Luego, Nash (1950) y Kuhn (1953) avanzaron sobre los juegos cooperativos, donde los jugadores adoptan decisiones de manera coordinada. Seguidamente, Nash (1951) y Schelling (1960) plantearon los juegos no cooperativos, donde los jugadores adoptan decisiones de forma individual, relacionándose con las decisiones de otros e incorporando elementos de cooperación y rivalidad. Maynard-Smith (1976) y Schelling (1980), por su parte, evolucionaron sobre los juegos evolutivos o dinámicos, planteándolos con información imperfecta y repetición del juego.

Los componentes más esenciales que describen un juego son los jugadores, las acciones, las estrategias, la información y las matrices de pagos (Aguado Franco, 2007; Arasteh, 2016). La solución del juego se puede plantear de distintas maneras, donde las más utilizadas son mediante la eliminación iterativa de estrategias o a través de la solución de Nash (Aguado Franco, 2007). El equilibrio de Nash (1950) se define como la situación en la que ninguno de los jugadores siente la tentación de cambiar de estrategia, ya que cualquier cambio implicaría una disminución en sus pagos. Muchas veces no se necesita una sola estrategia como solución óptima, donde esto determina múltiples equilibrios de Nash en juegos multijugador. La racionalidad y la lógica son factores centrales que determinan si una decisión estratégica obtendrá los beneficios esperados o los beneficios más bajos para el jugador o los oponentes.

Uno de los juegos más conocido en la teoría es el “dilema del prisionero”, que se utiliza para ilustrar numerosas situaciones de dilemas de acción colectiva. El dilema del prisionero captura la esencia de la interacción estratégica. Este juego se caracteriza porque cada jugador posee una estrategia dominante que conduce a un resultado que no es eficiente desde el punto de vista del conjunto de los jugadores (Tarziján y Paredes, 2005). El dilema entre lo individualmente racional y lo colectivamente irracional (Smit y Trigeorgis, 2004).

En este marco, Shapiro (1985) analiza explícitamente el comportamiento estratégico y ve la creación de valor como una función de cómo uno juega el juego

en su entorno competitivo. Los conocimientos de la teoría de juegos se utilizan para ayudar a la dirección a comprender la rivalidad de interacción estratégica entre jugadores y determinar la estrategia competitiva óptima. Asimismo, constituyen una herramienta para la gestión estratégica sobre cómo analizar las decisiones estratégicas que dependen del contexto estratégico y, en particular, de las posiciones de los rivales (Smit y Trigeorgis, 2004). La TJ ha demostrado una gran versatilidad para la resolución de problemas de decisión multipersonales (Gibbons, 1992). Es así como permite llegar a la mejor decisión posible, ordenando y formalizando los principios de la toma de decisiones para una organización (Milanesi y Tohmé, 2015). Por lo tanto, estudiar el comportamiento estratégico entre los contrincantes dentro de un mismo juego, modelando la interacción de dos o más agentes, es muy útil por la capacidad de ofrecer predicciones y pensamiento crítico (Smit y Trigeorgis, 2004).

La complejidad del modelo aumenta con la adición de varios factores a la ecuación, donde las decisiones estratégicas del jugador están influenciadas por su conocimiento del entorno del juego, la comunicación con el/los jugador/es (Cader, 2014) y la gestión de la incertidumbre (Dekel y Fudenberg, 1990). El conocimiento de la probable reacción de un competidor puede mejorar la capacidad de una empresa para seguir una mejor estrategia competitiva. La anticipación de la respuesta de un competidor es un elemento esencial en el diseño de una estrategia competitiva (Aguado Franco, 2007).

Existen muchas relaciones económicas donde la estructura de mercado no es de competencia perfecta y la interacción entre los agentes racionales implica acciones estratégicas donde las partes maximizan sus objetivos en función de sus intereses (Tarziján y Paredes, 2005). El marco de la TJ permite, como metodología, analizar las articulaciones comerciales entre dos jugadores, revelando cómo una empresa puede realizar movimientos estratégicos para influir en la posición estratégica de las empresas competidoras o en la intensidad de la rivalidad de la industria.

A la hora de analizar una decisión estratégica, la TJ puede ayudar a reducir un problema estratégico complejo en una estructura analítica simple, con una valoración útil para decisiones estratégicas, porque abarca un concepto de solución que puede ayudar a comprender o predecir cómo se comportarán los competidores, y también proporciona una estrategia de equilibrio y valores para las decisiones estratégicas (Smit y Trigeorgis, 2004). Durante las últimas décadas, la TJ ha reformado el análisis microeconómico y ha ampliado enormemente la profundidad del análisis competitivo en la estrategia empresarial (Smit y Trigeorgis, 2004).

3. Materiales y métodos

La metodología utilizada para el abordaje del objetivo se enfoca en estudios de casos aplicados a la administración (Castro-Monge, 2010). Se plantea, inicialmente, desarrollar un análisis descriptivo sobre los resultados económicos para los modelos de producción de cría y de invernada, comparando la utilización

de canales indirectos o mediante canales directos. Para esto se plantearon las simulaciones de interdependencia comercial, utilizando el marco de la teoría de juegos. Se supone un mercado en el que existen dos jugadores, donde se plantea la articulación entra un productor agropecuario ganadero de cría (proveedor) y un invernador (cliente) para continuar el proceso de engorde. Se considera la relación entra las partes en un ambiente tecnológico estable.

Las fuentes de datos para la elaboración del trabajo fueron obtenidas de los boletines trimestrales suministrados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca –MAGyP–, titulados “Resultados económicos ganaderos” (2012-2021), desarrollados por los autores Arzubi y Vidal (2022). Los precios fueron calculados a moneda dólar minorista oficial a partir de la fuente del Banco Central de la República Argentina.

Se obtuvieron las matrices de pago y equilibrios a partir de dos supuestos principales de la teoría de juegos:

- a) racionalidad: los jugadores son racionales y saben encontrar la máxima utilidad y para ello son capaces de hacer todos los cálculos necesarios;
- b) conocimiento común de la racionalidad: quiere decir que un jugador sabe que el resto de los jugadores son racionales, y sabe, además, que ellos saben que él lo es, por lo que va a ser posible buscar la mejor respuesta dentro de las mejores respuestas.

La representación del juego se puede plantear de dos maneras: una matricial, que se utiliza principalmente cuando hay dos jugadores, poniendo énfasis en sus posibles estrategias y resultados, según la decisión del otro jugador. También se puede plantear de manera extensiva o de árbol, donde se muestra la misma información, pero ordenada y graficada de manera diferente.

Para el cálculo de los flujos, se utilizó la metodología de flujos de fondos neto, actualizado con tasa libre de riesgos. Para el cálculo de distintos escenarios de interdependencia, se supone el proceso estocástico geométrico browniano, al que se ajustan los márgenes de ambos jugadores para un periodo futuro y en tiempo discreto, explicado por un proceso binomial. Se proyectan dos estados para ambos modelos: en buenas condiciones de los precios y costos con un coeficiente de ascenso (u) y en malas condiciones como factor de descenso (d). Estos valores fueron estimados a partir de la volatilidad de los rendimientos de los precios y costos para los productores de cría e invernadores desde el 2012 hasta 2022 (σ es el desvío estándar). Esto implica suponer que la volatilidad (desvío) se mantiene constante y crece geoméricamente. Las funciones utilizadas fueron las siguientes:

$$u=e^{\sigma\sqrt{t}} \text{ (ec. 1)}$$

$$d = \frac{1}{u} \text{ (ec. 2)}$$

A partir de estos coeficientes se calcularon las rejillas binomiales de los márgenes tanto para la cría como para invernada y las distintas situaciones de interdependencia entre los jugadores según el comportamiento de las variables. Por último, se desarrolló el cálculo de las penalidades en pos de obtener una articulación directa mediante contrato sostenible, con el objetivo de maximizar los resultados obtenidos de las articulaciones, a saber:

$$Pen.: \text{Max}(fcd - fci; fid - fii) \text{ (ecc. 3)}$$

siendo fcd el flujo de cría mediante canal directo; fci, el flujo de cría por canal indirecto; fid, el flujo invernada por canal directo; y fii, flujo invernada por canal indirecto.

4. Resultados

4.1. Jugadores

4.1.1. Criador bovino

Los criadores son aquellos productores ganaderos que poseen extensiones de tierra suficientes como para sostener un rodeo de vientres y toros, y producir terneros desde el nacimiento hasta su destete (López, 2015). El objetivo de la cría es obtener la mayor cantidad de terneros/as posibles. El modelo de productor de cría utilizado es de La Pampa-San Luis semiárida (Bisang, 2003). Este modelo supone un productor con una superficie de 2100 ha (85% campo natural y 15% praderas), con una carga de vientres de 0,21 cab/ha, 450 vacas madres, tasa de destete del 70%, edad del destete de 6 meses. El ingreso que se obtiene es por venta de 158 terneros (180 kg/cab), 51 terneras (170 kg/cab), 62 vacas gordas (428 kg/cab) y 21 vacas conserva (361 kg/cab). Los precios de las distintas categorías para el mes de marzo de 2022 se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1: Precios de distintas categorías de animales (junio de 2021)

Ternero	3,05	USD/kg
Tenera	2,85	USD/kg
Vaca cons.	1,48	USD/kg
Vaquillona	2,26	USD/kg
Novillo	2,35	USD/kg
Toro	1,98	USD/kg

Fuente: Elaboración propia a partir de Arzubi y Vidal (2022).

Luego se calculan los costos para el modelo de producción, considerando los rubros personales, sanidad, alimentación, estructura e impuestos y amortización. La composición del costo e ingresos total para marzo de 2022 se encuentra en la tabla 2. El tipo de articulación planteada en este sistema de costos es directo.

Por último, se realiza el cálculo de los resultados económicos para el modelo de producción propuesto. Los resultados económicos que se plantean son el resultado neto y rentabilidad sobre capital.

Tabla 2: Resultados económicos del modelo de cría

	Cantidad	USD
Terneros	225	123.613
Terneritas	117	56.730
Vacas	108	71.843
Toros	3	3450
Novillos	0	-
Vaquillonas	0	-
Ingreso		255.636
Personal		13.273
Sanidad		3942
Alimentación		19.368
Estructura e impuestos		20.940
Amortizaciones		6902
Alquiler		-
Reposición		15.085
Comercial		12.066
Costos totales		91.576
Res. neto USD		164.060
Res. neto USD/CAB		273,4

Fuente: Elaboración propia en base a Arzubi y Vidal (2022).

4.1.2. Invernador bovino

Los invernadores son aquellos que compran terneros/as luego de su destete para terminarlos de criar y engordar. El objetivo de la invernada es obtener novillo para condiciones óptimas de faena, en el menor tiempo posible y con la mayor eficiencia de *stock* de alimento que conlleve a una optimización de la relación costo/producción; se trata de una actividad con fines de lograr la mayor cantidad de kg posibles. Para el modelo de invernador se tomó como análisis el de la región Pampeana subhúmeda de alta producción, presentado por MAGyP. Este modelo supone una superficie de 500 has, carga de 2,80 cab/ha, eficiencia de *stock* de 71%, producción de carne anual de 606 kg/ha. El peso de entrada es de 180 kg/cab y peso de salida de 404 kg/cab. El tiempo de engorde es de 11,5 meses y de una ganancia diaria de peso de 700 grs/cab. La cantidad de cabezas que se produce es de 1373 novillos.

El costo se encuentra formado por personal, sanidad, alimentación, estructura e impuestos y amortizaciones. La compra del ternero se lo plantea como ingreso neto. En la tabla 3 se encuentra la conformación del ingreso y costo de invernada para marzo de 2022. La alimentación se encuentra formada por pasturas, verdes de invierno, rollos y suplementación. Los resultados económicos que se obtienen son el margen bruto, resultado neto y rentabilidad sobre capital.

Tabla 3: Resultados económicos del modelo de invernada

	Cantidad	USD
Terneros	0	-
Terneras	0	-
Vacas	0	-
Toros	0	-
Novillos	225	248.283
Vaquillonas	117	111.099
Ingreso		359.382
Personal		10.043
Sanidad		2770
Alimentación		56.218
Estructura e impuestos		10.705
Amortizaciones		1935
Alquiler		-
Compras		180.343
Comercial		25.157
Costos totales		287.170
Res. neto USD		72.212
Res. neto USD/CAB		152,4

Fuente: Elaboración propia a partir de Arzubi y Vidal (2022).

4.2. Estrategias, pagos y equilibrios

Una vez descritos los jugadores, se plantean las estrategias y reglas del juego, que se plantean con modalidad simultánea, donde la decisión del jugador de cría se da al mismo tiempo que la del invernador, y no es cooperativa. Las decisiones para seleccionar es desarrollar la articulación comercial de manera directa o mediante un canal indirecto. Este canal indirecto se lo supone tanto como si el criador vende o el invernador compra en remate feria comercial. El costo de transacción mediante este canal comercial promedio en la región pampeana es del 5% sobre el costo de venta/compra, y se encuentra representado por comisión de venta, garantía de venta, derecho de piso, seguro de carga, sellado y derecho de registro (Diez, 2020).

Además de plantear los resultados de acuerdos, ya sea mediante canal directo o indirecto, se deben plantear dos situaciones donde uno de los jugadores no acepta la articulación. La primera es el resultado al que quiere llegar el criador, comprendido como el valor intrínseco del ternero/a. Este valor fue calculado a partir del precio que paga el invernador por canales directos, más el margen económico de la invernada. En promedio, desde marzo de 2012 hasta marzo de 2022, el promedio de rentabilidad de invernada fue del 8,4%. En la otra articulación, el invernador quiere pagar sobre el precio del ternero/a el costo que tuvo el productor para criarlo.

Como se planteó, el objetivo del invernador es pagar el precio más bajo posible por el producto; y lo contrario para el criador, que es obtener el mayor precio. Es así como se configuran cuatro diferentes precios a la hora de comercializar

la cría: uno de manera directa mediante contrato; otro, de manera indirecta sin contrato, yendo a remate feria; otro, a partir del costo del producto; y otro, a partir del precio y el margen de la invernada.

4.2.1. Equilibrio actual

La TJ permite el análisis de situaciones en las que tanto las acciones que realicen los individuos como los resultados que quedan esperar de ellas dependen de las acciones que otros puedan llevar a cabo. El estudio se centra en los posibles resultados que el individuo pueda obtener en función de sus acciones y de lo que ocurra por fuerzas sobre las que él no tiene ningún control o influencia.

En base a los resultados económicos propuestos para cada uno de los jugadores del complejo ganadero bovino de carne, se desarrolla la matriz de resultados según la estrategia elegida (figura 1).

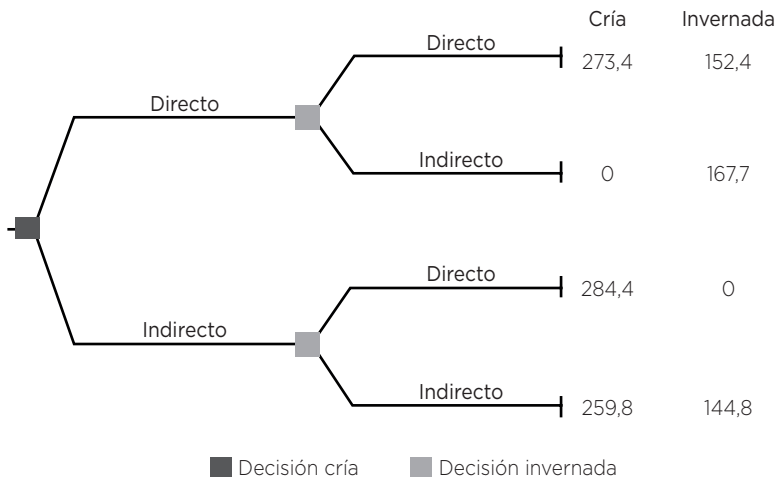
Tabla 4: Matriz de pago actual

Estrategias		Invernada			
		Directo		Indirecto	
Cría	Directo	273,4	152,4	0	167,7
	Indirecto	1284,4	259,8	259,8	144,8

Fuente: Elaboración propia.

El equilibrio en este juego es indirecto-indirecto, siendo este resultado un dilema de prisionero. De manera extensiva, se pueden observar los resultados propuestos tanto para productor de cría como para productor de invernada, considerando las decisiones comerciales que cada uno de los jugadores tome (figura 2).

Figura 1: Resultados de pagos extensivos



Fuente: Elaboración propia.

Analizando la estrategia del juego y matriz de la figura 5, desde el punto de vista del criador, este se da cuenta de que su resultado depende de las decisiones que tome el invernador. Si el invernador coopera conjuntamente en un acuerdo de negociación con el criador, también le conviene cooperar, realizándose el acuerdo con un precio, en vez de que el criador, con otro precio, pueda realizar un acuerdo de negociación pero sin lograr una cooperación conjunta.

Al encontrarse como equilibrio un resultado no óptimo de articulación, se buscará el desarrollo de contratos de suministro que permita llegar al resultado óptimo. A partir de la ecuación número 3, se obtuvieron los valores de las penalidades en caso de que se quiera proponer un contrato de articulación. Para el criador, la penalidad es de 8 USD/cab, mientras que para el invernador, es de 18,2 USD/cab (tabla 4).

Tabla 5: Penalidades (USD/cab)

Penalidades	
Invernador	7,6
Criador	13,7

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se plantea la matriz de los precios de articulación para el ternero/a según cada tipo de canal comercial y la decisión que toma el otro agente. Para el caso del criador, será el precio USD/kg que obtendrá por el ternero/a, y para el invernador, el precio que deberá pagar para incorporar el animal.

Tabla 6: Matriz de precios cría presente (USD/kg)

Estrategias		Invernada			
		Directo		Indirecto	
Cría	Directo	2,95	2,95	0,0	2,84
	Indirecto	3,07	0,0	2,82	3,01

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Escenario “bueno-bueno”

Planteado el modelo de equilibrio actual, se desarrolla el escenario de que ambos jugadores tienen una dinámica de modelo de negocio buena (figura 4). Para el caso del criador, se obtuvo una volatilidad del 22,5%, siendo el coeficiente de crecimiento $u=1,253$. Para el invernador, la volatilidad fue de 83,4%, con un coeficiente de crecimiento $u=2,303$. Para este escenario, las penalidades para el criador serán de 17,1 USD/cab y para el invernador de 17,6 USD/cab.

Tabla 7: Matriz de precios para escenario “bueno-bueno”

Estrategias		Invernada			
		Directo		Indirecto	
Cría	Directo	324,5	351,0	0	389,6
	Indirecto	371,3	0	325,4	333,5

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Escenario “malo-malo”

En este escenario, los modelos de ambos jugadores son de resultados negativos (figura 5). Las penalidades en este caso son menores que en el anterior escenario. El coeficiente de negativo obtenido para el modelo de cría es de $d= 0,798$. Para el jugador de invernada, por su parte, el coeficiente negativo es de $d= 0,434$. Las penalidades para cría serán de 10,9 USD/cab y para invernada de 3,3 USD/cab.

Tabla 8: Matriz de precios para escenario “malo-malo”

Estrategias		Invernada			
		Directo		Indirecto	
Cría	Directo	218,3	66,2	0	72,8
	Indirecto	227,0	0	207,4	62,9

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Escenario “bueno-malo”

En el presente juego se plantea que el modelo productivo de cría tiene un resultado bueno, mientras que el modelo de invernada es malo (figura 6). El equilibrio de Nash sigue siendo indirecto-indirecto, donde las penalidades que se plantea para el desarrollo de un contrato de coordinación son de 371 USD/cab para el criador y 3,3 USD/cab para invernada.

Tabla 9: Matriz de precios para escenario “bueno-malo”

Estrategias		Invernada			
		Directo		Indirecto	
Cría	Directo	342,5	66,2	0	167,7
	Indirecto	371,3	0	325,4	62,9

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Escenario “malo-bueno”

En el último juego desarrollado, se plantea que el modelo de cría obtiene resultado malo, mientras que el de invernada es bueno (figura 7). Los valores de las penalidades son de 10,9 USD/cab para cría, y de 17,6 USD/cab para invernada.

Tabla 10: Matriz de precios en escenario “malo-bueno”

Estrategias	Invernada Bueno				
		Directo	Indirecto		
Cría malo	Directo	218,3	351,0	0	389,6
	Indirecto	227,0	0	207,4	333,5

Fuente: Elaboración propia.

5. Perspectivas y conclusiones

Se propuso un marco para el estudio y diseño de articulaciones comerciales en el complejo ganadero bovino, más específicamente entre las etapas de producción de ternero/a e invernada ganadera. Para esto se aplicó el marco de teoría de juegos en busca de obtener un equilibrio y modelización de las estrategias comerciales. Además, se incorporaron de distintos escenarios según el riesgo implícito para cada uno de los jugadores, mediante coeficientes de ascenso y descensos.

Los equilibrios de Nash que se presentan son mediante la articulación en canales indirectos, siendo un dilema del prisionero. En cambio, si ambas empresas se pusieran de acuerdo y cooperaran entre sí integrándose, las utilidades para cada una de ellas serían mayores que si fuesen a canal indirecto. Para obtener esta articulación se plantea el desarrollo de contratos, incorporando un valor de penalidades. Para el caso del criador, estas penalidades serían mayores, posicionándolo como el actor de menor poder que debería ir a la búsqueda de una mayor integración; este es el resultado que se obtiene a pesar de que ambas empresas saben que si una y otra se articulan, cada una de ellas obtendría mayores utilidades. Analizando los flujos para cada jugador, el que mayor pérdida tendría en este juego sería el invernador.

La teoría de juego, entonces, se plantea como una teoría de robustez matemática incuestionable y que ha demostrado ser muy útil en escenarios de negociación.

6. Referencias bibliográficas

Aguado Franco, J. C. (2006). *Teoría de la decisión y de los juegos*. Delta.

Arasteh, A. (2016). Combination of real options and game-theoretic approach in investment analysi. *Journal of Industrial Engineering International*, 12, pp. 361-37. doi.org/10.1007/s40092-016-0144-z

- Arzubi, A. y Vidal, R.** (2022). Resultados económicos ganaderos. Informe trimestral N° 41. www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bovinos/modelos/resultados/
- Bisang R.** (2003). Las tramas de carnes bovinas en Argentina. Oficina de la CEPAL-ONU en Buenos Aires, a solicitud de la Secretaría de Política Económica, Ministerio de Economía de la Nación. www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_ARGENTINA/ARG_5.pdf
- Cader, A. A.** (2014). An analysis of nontechnical game theory on laboratory sales trainees in Saudi Arabia. *International Journal of Applied Management and Technology*, 13(1), pp. 36-51. scholarworks.waldenu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1070&context=ijam
- Castro-Monge, E.** (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 2(1), pp. 31-54. doi.org/10.22458/rna.v1i2.332
- Dekel, E. y Fudenberg, D.** (1990). Rational behavior with payoff uncertainty. *Journal of Economic Theory*, 52(2), pp. 243-267. [doi.org/10.1016/0022-0531\(90\)90033-G](https://doi.org/10.1016/0022-0531(90)90033-G)
- Diez, M. A.** (2020). *Circuitos de comercialización de hacienda vacuna en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires* [Trabajo final de grado, Universidad Nacional del Sur]. repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4956/Diez%2C%20Mat%3%ADas%20Angel%20Trabajo%20de%20Intensificaci%3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fernández García, J. R.** (2000). *Complejidad y algoritmos en juegos cooperativos*. Universidad de Sevilla.
- Gibbons, R.** (1992). *A primer in game theory*. Harvester Wheatheaf.
- Gutiérrez Naranjo, F.** (2015). Introducción a la teoría de juegos y los contratos. *EAFIT*, 6(2). publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ejil/article/view/3472
- Iglesias, D.; Iturrioz, G.; Chimeno, P.; Saravia, D.; Torrado, J. y Olea, M.** (2005). Articulaciones en la cadena de la carne bovina de la provincia de La Pampa. *IV Jornadas interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. Buenos Aires, Argentina.
- Iturrioz, G. e Iglesias, D. H.** (2006). Los márgenes brutos de comercialización en la cadena de la carne bovina de la provincia de La Pampa. *Cuadernos del CEAgro*, (8), pp. 51-56. inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-margen.pdf
- Kuhn, H. W.** (1953). Extensive games and the problem of information. En H. W. Kuhn y A. W. Tucker (Eds.), *Contributions to the Theory of Games, Vol. II* (pp. 193-216). Princeton University Press.
- López, A. H.** (2015). Toma de decisiones en la actividad ganadera: ¿crio, engordo o ambas? *Congreso del Instituto Internacional de Costos N° 15*. intercostos.org/documentos/congreso-15/LOPEZ-2.pdf
- Maynard-Smith, J.** (1976). Evolution and the Theory of Games: In situations characterized by conflict of interest, the best strategy to adopt depends on what others are doing. *American Scientist*, 64(1), pp. 41-45. www.jstor.org/stable/27847040

- Milanesi, G. y Tohmé, F.** (2015). Un modelo consolidado de opciones reales, teoría de juegos y análisis de costos de transacción para el diseño de acuerdos contractuales. *Revista de Economía Política de Buenos Aires*, 14(9), pp. 59-81. ojs.econ.uba.ar/index.php/REPBA/article/view/824
- Nash, J. F.** (1950). *Non-cooperative games* [Tesis de doctorado, Departamento de Matemáticas, Princeton University].
- (1951). Non-cooperative games. *Annals of Mathematic*, 54(2), pp. 286-295. doi.org/10.1515/9781400829156-008
- Paturllanne, J.** (2019). *Factores sistémicos que afectan la competitividad de los complejos cárnicos* [Tesis de Magister en Economía Agraria y Administración Rural, Universidad Nacional del Sur]. repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4566
- Peña Ruiz, E. J.** (2019). La generación de escenarios y la toma de decisiones. Cómo influye la teoría de juegos y el factor emocional. El caso iraní. *Congreso Análisis de Inteligencia y Perspectiva*. Granada, España. www.ugr.es/~gesi/congreso/comunicacion31-10.pdf
- Roughgarden, T.** (2010). Algorithmic game theory. *Communications of the ACM*, 53(7), pp. 78-86. dl.acm.org/doi/10.1145/1785414.1785439
- Santangelo, F. y García de la Torre, P.** (2004). Costos de transacción en la cadena de carne vacuna argentina. *Cuarto Seminario Hereford*. www.ipcva.com.ar/files/costos_trans.pdf
- Schelling, T.** (1980). *The strategy of conflict* (2ª ed). Harvard University Press.
- Shapiro, A. C.** (1985). Corporate strategy and the capital budgeting decision. *Midland Corporate Finance Journal*, 3(1), pp. 22-36.
- Sigaudó, D. y Terré, E.** (2021). La importancia de la ganadería para la economía argentina. *Bolsa de Comercio de Rosario. Especial mercado ganadero*, año XXXIX. www.bcr.com.ar/es/print/pdf/node/86168
- Smit, H. y Trigeorgis, L.** (2004). *Strategic investment: real options and games*. Princeton University Press.
- Tarziján, J. y Paredes, R.** (2012). *Organización industrial para la estrategia empresarial* (3ª ed.). Pearson.
- Von Neumann, J. y Morgenstern, O.** (1944). *Theory of games and economic behaviour*. Princeton University Press.