

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ESTADÍSTICA

LICENCIATURA EN ECONOMÍA

SEMINARIO DE INTEGRACIÓN Y APLICACIÓN

TRABAJO FINAL

MODELO DE AGRONEGOCIO, SUS CARACTERÍSTICAS, INNOVACIONES, ACUMULACIÓN, ACTORES Y ENTIDADES REPRESENTATIVAS, CONFLICTOS E IMPACTOS MÚLTIPLES

**“TOMA DE DECISIONES PARA LA PRÓXIMA CAMPAÑA AGRICOLA.
UN ESTUDIO PARA EL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE
UTILIZANDO LA PROGRAMACIÓN LINEAL”**

DAGOTTO ZARA

Legajo: D-4103/3

Docente Tutor: Luciano Jara Masuruana

Docente Co-Tutor: Luciano Vaudagna

Segundo cuatrimestre del año 2022

Resumen

El objetivo del presente trabajo es elaborar un modelo para la toma de decisiones mediante el uso de la programación lineal, que permita optimizar la decisión de siembra de cultivos extensivos en la zona núcleo de la Provincia de Santa Fe, contemplando temáticas como: la rotación de cultivos, los márgenes brutos proyectados y el costo de oportunidad de la tierra.

Los datos se obtuvieron de entrevistas con el dueño del establecimiento analizado, y de revistas especializadas. Se utiliza la metodología de investigación de operaciones y se hace uso de Excel junto a su complemento Solver.

El modelo consta de dos etapas. En la primera se evalúa en qué lotes se sembrará trigo para luego cultivar soja de segunda durante la misma campaña. En una segunda etapa se analiza la conveniencia de sembrar maíz o soja de primera en los lotes no destinados al doble cultivo.

Como resultado de la construcción del modelo no solo se maximizan las ganancias para la próxima campaña, sino que también queda de manifiesto la alta incidencia del costo de oportunidad de la tierra en los márgenes brutos proyectados. El modelo se valida empíricamente con los datos de la campaña 22/23 expuestos en el anexo.

Palabras claves: programación lineal, maximización de ganancias, rotación de cultivos, márgenes brutos proyectados, costo de oportunidad de la tierra.

Código JEL: C61, M21, Q12, Y40

Abstract

The objective of this work is to develop a model for decision making through the use of linear programming, which allows optimizing the decision to plant extensive crops in the core area of the Province of Santa Fe, contemplating themes, such as: crop rotation, projected gross margins and the opportunity cost of land.

The data is collected from interviews with the owner of the analyzed establishment, and from specialized magazines. The operational research is used and the Excel spreadsheet is used along with its Solver complement.

The model consists of two stages. In the first, it is evaluated in which lots wheat will be planted and then cultivate second-hand soybeans during the same campaign. In a second stage, it will be analyzed whether it is convenient to plant first-class corn or soybeans in the lots not intended for double cultivation.

As a result of building the model, not only profits are maximized for the next campaign, but the high incidence of the opportunity cost of land on the projected gross margins is also evident. Next, the model is validated empirically with data from the 22/23 campaign set out in the annex.

Keywords: linear programming, maximizing profits, crop rotation, projected gross margins, opportunity cost of land.

JEL Codes: C61, M21, Q12, Y40

ÍNDICE

1.	Introducción	2
2.	Antecedentes de investigación	3
3.	Marco teórico	3
3.1	La toma de decisiones racional	3
3.2	Usos más frecuentes de la tierra en la zona analizada en el sur de Santa Fe	4
3.3	La programación lineal como herramienta en la toma de decisiones.....	4
4.	Metodología de investigación.....	4
5.	Capítulo 1: descripción general del área de estudio	6
5.1	Área de estudio	6
5.2	Opciones de uso de la tierra más frecuentes en el área de estudio	6
5.3	Uso de la tierra durante la campaña 22/23 en el área de estudio	7
5.4	Margen bruto con diferentes rendimientos de las opciones de cultivos analizadas.....	7
6.	Capítulo 2: modelizando.....	10
6.1	1º etapa: ¿Conviene sembrar trigo en junio?.....	10
6.1.1	Variables.....	10
6.1.2	Función objetivo.....	11
6.1.3	Restricciones	11
6.1.4	Resultados en los diferentes escenarios	12
6.2	2º Etapa: ¿sembrar maíz o soja de 1era en octubre?	13
6.2.1	Variables.....	13
6.2.2	Función objetivo.....	13
6.2.3	Restricciones	14
6.2.4	Resultados en los diferentes escenarios	14
7.	Conclusiones	15
	Referencias bibliográficas	16
	Anexo 1: validación del modelo	18

1. Introducción

Debido a la elevada carga impositiva¹ y las políticas económicas tan variantes e impredecibles² en la Argentina, sumado a los inconvenientes propios de la actividad (factores climáticos, volatilidad del precio de los insumos y commodities, etc.), muchos productores toman decisiones mayormente intuitivas respecto a la próxima campaña agrícola, sin contemplar aspectos específicos como los márgenes brutos proyectados, las características y el costo de oportunidad de la tierra. Ante esta situación, se plantea como objetivo elaborar un modelo para la toma de decisiones mediante el uso de la programación lineal, que permita optimizar la decisión de siembra de cultivos extensivos en la zona núcleo de la Provincia de Santa Fe.

A la hora de revisar estudios previos no se ha encontrado evidencia de modelos de programación lineal para la toma de decisiones de la empresa agropecuaria en Argentina. Tampoco modelos con estas características, desarrollados en otros países, que contemplen las alternativas más frecuentes del uso de la tierra aplicables en el sur de Santa Fe: soja de 1era, maíz, y trigo junto a soja de 2da. El aporte del modelo planteado es la posibilidad de su utilización a largo plazo en las diferentes campañas y la posibilidad de trasladarlo a otros establecimientos de la región haciendo mínimas modificaciones.

El siguiente trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en una primera instancia se exponen los objetivos del trabajo, los antecedentes de investigación y la metodología. A lo anterior se le suman 2 bloques.

En el 1º bloque se describe la superficie del establecimiento donde se realizó la investigación, la distribución de sus lotes, y los usos más frecuentes del suelo, además de los márgenes brutos proyectados de las tres opciones de cultivo en tres escenarios de rendimientos (malo, regular y bueno) contemplando también el costo de oportunidad de la tierra, que se ha definido como el equivalente a una renta fija obtenida por arrendarlo a 16 quintales de soja por hectárea siendo éste el promedio en la región.

En el 2º bloque se plantea un modelo de maximización de ganancias. Para ello, se delimita la función objetivo y las restricciones pertinentes al establecimiento. Este modelo se utiliza en dos momentos del año. En el mes de mayo sirve para delimitar en qué lotes se sembrará trigo y posteriormente soja de 2da en la misma campaña. Mientras que en el mes de septiembre se usará para delimitar si es conveniente sembrar soja de 1era, o maíz, en los lotes en los cuales no se sembró trigo.

En las conclusiones se destacan los aspectos positivos del modelo construido, su utilidad, y se efectúan recomendaciones para arribar a resultados más precisos. Además de resaltar posibles líneas de investigación futura. Seguidamente, se efectúa la validación del modelo con datos de la campaña 22/23 que se expone en el anexo.

¹ Según FADA (2023) la medición de septiembre de este año marca una participación de los impuestos sobre la renta agrícola del 76,1% para el promedio ponderado de los cultivos de soja, maíz, trigo y girasol. Es decir, que de cada \$100 de renta (valor de la producción menos costos) que genera una hectárea agrícola, \$76,10 es lo que representan los distintos impuestos nacionales, provinciales y municipales. Mientras que el promedio ponderado de cultivos a nivel nacional es de 76,1%, la participación del Estado en soja es del 86,8%, maíz 63,4%, trigo 75,0% y girasol 55,7%.

² Según datos de la bolsa de comercio de Rosario, en el periodo 2002-2021 hubo más de 20 modificaciones en los derechos de exportación de los productos agroindustriales seleccionados.

2. Antecedentes de investigación

Según Boussard (1977), partiendo del método simplex las técnicas de programación lineal en economía agraria, parecen haber devenido en tres tipos completamente distintos de modelos:

- Los modelos de gestión de la empresa agraria, a nivel empresarial y esencialmente normativos.
- Los modelos de política agraria, también normativos, pero a nivel nacional.
- Finalmente, los modelos descriptivos de la explotación agraria, a nivel empresarial, pero susceptibles de agregación.

El modelo que se construye se alinea más con el tercer tipo de modelo descripto.

Los trabajos más relevantes son:

García Valerio (1999) analizó mediante el uso de la programación lineal las soluciones óptimas de maíz, frijol y café en el departamento de Yoro, en los municipios de Yorito y Sulaco donde la mayor proporción de tierras son de laderas.

Hidalgo Martínez (2019) efectuó un análisis similar sobre el caso de un predio agrícola ubicado en la región de Bio Bio, para el cual se plantea un modelo de programación lineal para la asignación óptima de productos con la finalidad de maximizar las ganancias anuales del predio, bajo diferentes escenarios de rendimiento asociados a cada producto. Los productos analizados son fardos, maíz, trigo, remolacha, y bovinos en tres escenarios de rendimiento (óptimo, regular, deficiente).

También se realizaron análisis con este enfoque por parte de Castillo y otros (2020) en la región de Azuero Panamá para los cultivos de arroz, maíz, sorgo y frijol.

Estos tres estudios, son un modelo descriptivo de explotación agrícola a nivel empresarial susceptibles de agregación para diferentes tipos de cultivos. Lo que se va a hacer en este trabajo es utilizar un modelo de optimización lineal para un campo en el sur de la provincia de Santa Fe con cultivos extensivos.

3. Marco teórico

3.1 La toma de decisiones racional

Según Pellegrini (2022) la racionalidad perfecta supone que dada una jerarquía de medios a fines y un sistema de valores, “el hombre económico” conoce todas las alternativas entre las que debe elegir y todas las consecuencias de las elecciones posibles de manera que puede asignarles un valor preciso en su escala de valores. Con esta información puede realizar una elección óptima, que maximiza el valor que procura obtener. Se trata de una racionalidad objetiva en tanto permite alcanzar realmente el objetivo buscado.

En contraposición a esta línea de pensamiento tenemos los aportes de Simon (1964), quien menciona al “hombre administrativo” como una figura diferente al “hombre económico”.

Pellegrini (2022) define al “hombre administrativo” como un individuo al cual se le ocurren pocas alternativas y tiene un conocimiento apenas fragmentario de las consecuencias de cada elección. Como estas pertenecen al futuro no tienen experiencia suficiente para valorarlas con precisión y suple la falta de experiencia con imaginación. A la hora de tomar una decisión tienen un conocimiento parcial de las condiciones en que lo hace y una percepción superficial de las regularidades que le permitirían inferir consecuencias futuras a partir de circunstancias frecuentes. Así solo puede anticipar de manera imperfecta el valor que obtendrá de cada decisión.

El siguiente trabajo sigue esta segunda línea, admite la existencia de racionalidad limitada y si bien tiene como objetivo maximizar las ganancias del productor agropecuario, se entiende

que se terminará buscando un curso de acción que sea lo bastante bueno, o suficientemente satisfactorio. Se busca lograr una toma de decisiones un poco más racional, aunque esta no llegue a serlo en su totalidad.

3.2 Usos más frecuentes de la tierra en la zona analizada en el sur de Santa Fe

Al momento de efectuar el análisis se contempla los cultivos más frecuentemente utilizados en la región del establecimiento modelizado. El mismo se encuentra ubicado en el departamento General López, distrito de Cafferata. En esta zona se realiza el sistema de labranza de siembra directa hace más de 20 años, con fertilización básica atento la calidad de las tierras y no se utiliza sistema de riego.

Las alternativas que se propone analizar para llegar a una solución óptima sobre que producir son:

- Soja de primera
- Maíz de primera
- Trigo junto a soja de segunda

Se optó por modelizar este establecimiento dado que se tenía un contacto estrecho con el productor agropecuario propietario del establecimiento, lo cual facilitó la obtención de la información relevante para efectuar el estudio.

3.3 La programación lineal como herramienta en la toma de decisiones

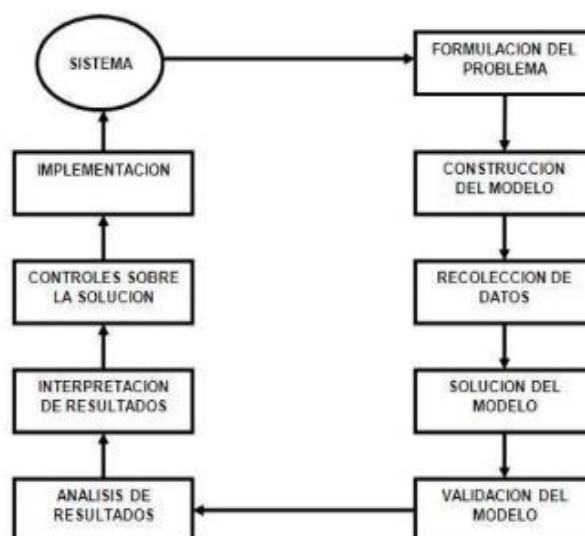
Según los autores Beneke y Winterboer (1984) los cuales son citados por García Valerio (1999) la programación lineal es un método de planificación que es a menudo muy útil para tomar decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas. La típica explotación agrícola dispone de un conjunto de mano de obra, capital y tierra que puede ser dedicado a numerosos cultivos o producciones ganaderas. La información requerida es una especificación de las restricciones y un más detallado conjunto de entradas y salidas.

Para programar deben definirse unos conjuntos de datos como: actividades del proceso productivo, coeficientes de producción, precios del producto y de las entradas, restricciones o limitaciones del sistema. Como modelizar un establecimiento agropecuario implica usar un gran número de variables y restricciones se utilizará el método simplex para llegar a la solución óptima.

Moscowitz y Wright (1982), los cuales son citados por García Valerio (1999) expresan que el método simplex con la ayuda de un computador puede resolver problemas de programación lineal hasta de varios millares de variables y restricciones con el procedimiento gráfico, el método simplex encuentra la solución óptima en uno de los vértices del conjunto de soluciones factibles, hace uso de la propiedad clave de la programación lineal que dice que un problema siempre tiene una solución localizada en uno de los vértices del conjunto de soluciones factibles. Es un procedimiento sistemático y eficiente para encontrar soluciones situadas en los vértices de optimalidad, este se detiene una vez que se haya encontrado la solución óptima. Requiere que las restricciones sean ecuaciones en vez de inecuaciones, aunque estas últimas son convertidas en ecuaciones al agregar una variable no negativa en el lado de menor valor de la inecuación, estas variables agregadas son definidas como variables de holgura.

4. Metodología de investigación

La metodología que se utiliza consta de ciertos pasos, los cuales se observan en la Figura 1 extraído de Ramírez Cortes y otros (2022) quienes citan a Hillier & Lieberman (2010).

Gráfico I: Metodología de la investigación de operaciones

Fuente: Ramírez Cortes, Vázquez Alamilla y Ruiz Reynoso (2022)

Dado que se plantea la necesidad de modelizar mediante el uso de la programación lineal un problema de maximización de ganancias, contemplando las características específicas del establecimiento analizado, lo primero que se efectuó fue una entrevista con el productor agropecuario, para que comparta las características del establecimiento, y además comente cuáles son los usos más frecuentes de la tierra en la región del sur de Santa Fe. Además, se obtuvo las coordenadas del establecimiento, por lo que usando Google Earth se pudo hacer una delimitación más clara de los lotes observando la distribución de los mismos. Esta información fue de gran relevancia para construir el modelo.

Posteriormente, se pasó a la recolección de datos. Se esperaba tener los datos sobre los ingresos netos y costos totales para así poder calcular el margen bruto en quintales por hectárea, pero al encontrar que no se llevaba un registro exhaustivo dividido por establecimiento por parte del propietario, se optó por tomar los datos de la revista “Márgenes agropecuarios”, la cual delimita por región los datos de relevancia.

Una vez construido el modelo y recolectado los datos, se cargó toda esta información en Microsoft Excel y se hizo uso del complemento Solver para llegar a las decisiones de producción óptimas. Posteriormente se procedió a la validación del modelo y al análisis de resultados, estos mismos son interpretados, se realiza un control sobre la solución, y se implementan las decisiones de producción tomadas.

La siguiente investigación se realizó bajo un enfoque cualitativo-cuantitativo. En cuanto a lo cuantitativo se utilizó la metodología de investigación de operaciones y se hizo uso de la hoja de cálculo de Excel junto a su complemento Solver. Respecto de lo cualitativo al estar en contacto permanente con el productor agropecuario se insertaron en el modelo restricciones que tienen que ver con no repetir en el lote el mismo cultivo de la campaña anterior, dados los beneficios que se han comprobado al rotar cultivos. El productor que lleva más de 50 años en la actividad, además señaló que en esa zona los arrendamientos alcanzan un promedio de 16 QQ/ha, dato que se tomó como el costo de oportunidad de la tierra.

El tipo de investigación es un estudio de caso ya que al momento de modelizarlo se contemplan aspectos específicos del establecimiento, como la cantidad de hectáreas, la distribución por lotes, y el uso de la tierra en la campaña agrícola anterior. El estudio de caso permite

analizar el fenómeno objeto de estudio en su contexto real utilizando múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente.

5. Capítulo 1: descripción general del área de estudio

5.1 Área de estudio

Se modeliza un establecimiento agrícola de 156 hectáreas, ubicado en el departamento General López, distrito de Cafferata.

A continuación, se adjunta un gráfico del establecimiento, en el cual se delimita la distribución de los lotes.

Gráfico II: Distribución de la superficie del establecimiento en lotes



Fuente: elaboración propia en base a Google Earth

5.2 Opciones de uso de la tierra más frecuentes en el área de estudio

En el modelo de maximización de ganancias se consideraron algunos de los usos más frecuentes de la tierra en la zona cercana al establecimiento: soja de 1era, maíz de 1era, trigo y soja de segunda. A continuación, se exponen las fechas de siembra y cosecha, siendo la única alternativa de combinación de cultivos trigo y soja de segunda.

Tabla I: Calendario de siembra y cosecha

CULTIVO	MESES DE SIEMBRA	MESES DE COSECHA
SOJA DE PRIMERA	NOVIEMBRE	MARZO-ABRIL
MAÍZ DE PRIMERA	SEPTIEMBRE-OCTUBRE	MARZO
TRIGO	MAYO-JULIO	NOVIEMBRE-DICIEMBRE
SOJA DE SEGUNDA	NOVIEMBRE-DICIEMBRE	MAYO

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

5.3 Uso de la tierra durante la campaña 22/23 en el área de estudio

Mediante el uso de la herramienta Google Earth se observó la cantidad de hectáreas por lote y a su vez, se le consultó al productor agropecuario como fueron utilizados estos durante la campaña 22/23.

Tabla II: Cantidad de hectáreas por lote, y su uso durante la campaña 22/23

LOTES	CANTIDAD DE HA	USO DE LA TIERRA DURANTE LA CAMPAÑA 22-23
LOTE CASAS Y GALPÓN	3	ÁREA NO CULTIVADA
LOTE 1	17	TRIGO+ SOJA DE 2DA
LOTE 2	16	MAÍZ
LOTE 3	13,5	SOJA DE 1ERA
LOTE 4	22	SOJA DE 1ERA
LOTE 5	21	SOJA DE 1ERA
LOTE 6	21	SOJA DE 1ERA
LOTE 7	4	TRIGO+ SOJA DE 2DA
LOTE 8	1,5	ÁREA NO CULTIVADA
LOTE 9	14	MAÍZ
LOTE 10	23	TRIGO+ SOJA DE 2DA

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento y a la herramienta Google Earth.

5.4 Margen bruto con diferentes rendimientos de las opciones de cultivos analizadas

Se entrevistó al productor agropecuario sobre cuál sería un rendimiento malo, uno regular y uno bueno medido en quintales por hectárea. Se tomaron los datos sobre márgenes brutos proyectados de la revista márgenes agropecuarios para los meses de mayo y septiembre correspondientes a ciertos rendimientos, para llegar a los márgenes brutos proyectados en los 3 escenarios mencionados por el productor. Se eligieron estas fechas dado que son los meses en los cuales los productores toman la decisión sobre qué sembrar el próximo mes. Además, se contempló el costo de oportunidad de arrendar el campo. En el caso del doble cultivo (trigo-soja de 2da) es computado totalmente en el trigo dado no altera el resultado.

Tabla III: Margen bruto proyectado de soja de 1era bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de mayo en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

SOJA DE 1ERA				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	25	35	45
PRECIO SOJA MAY/24	US\$/TN	360	360	360
INGRESO BRUTO	US\$/HA	900	1260	1620
GS. COMERCIALIZ	US\$/HA	153	214,2	275,4
INGRESO NETO	US\$/HA	747	1045,8	1344,6
C.O DE LA TIERRA	US\$/HA	576	576	576
LABRANZAS	US\$/HA	94	94	94
SEMILLA+INOC	US\$/HA	52	52	52
AGROQUIMICOS+FERT+FUNG	US\$/HA	269	269	269
COSECHA	US\$/HA	58,33	81,67	105
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1049,33	1072,67	1096,00
MARGEN BRUTO	US\$/HA	-302,33	-26,87	248,60

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento

Tabla IV: Margen bruto proyectado de maíz bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de mayo en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

MAÍZ				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	50	80	120
PRECIO MAIZ ABR/24	US\$/TN	212	212	212
INGRESO BRUTO	US\$/HA	1060	1696	2544
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	268,5	429,6	644,4
INGRESO NETO	US\$/HA	791,5	1266,4	1899,6
C. O DE LA TIERRA	US\$/HA	576	576	576
LABRANZAS	US\$/HA	82	82	82
SEMILLA	US\$/HA	235	235	235
AGROQUIMICOS+FERTILIZ	US\$/HA	361	361	361
COSECHA	US\$/HA	53,18	85,09	127,64
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1307,18	1339,09	1381,64
MARGEN BRUTO	US\$/HA	-515,68	-72,69	517,96

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento

Tabla V: Margen bruto proyectado de trigo bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de mayo en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

TRIGO				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	22	32	45
PRECIO TRIGO ENE/24	US\$/TN	258	258	258
INGRESO BRUTO	US\$/HA	567,6	825,6	1161
GS. COMERCIALIZ	US\$/HA	102,08	148,48	208,8
INGRESO NETO	US\$/HA	465,52	677,12	952,2
C. O DE LA TIERRA	US\$/HA	576	576	576
LABRANZAS	US\$/HA	70	70	70
SEMILLA+CURASEMILLAS	US\$/HA	89	89	89
AGROQUIMICOS+FERT	US\$/HA	244	244	244
COSECHA	US\$/HA	48,4	70,4	99
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1027,4	1049,4	1078
MARGEN BRUTO	US\$/HA	-561,88	-372,28	-125,8

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento

Tabla VI: Margen bruto proyectado de soja de 2da bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de mayo en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

SOJA DE 2DA				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	18	28	34
PRECIO SOJA MAY/24	US\$/TN	360	360	360
INGRESO BRUTO	US\$/HA	648	1008	1224
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	110,16	171,36	208,08
INGRESO NETO	US\$/HA	537,84	836,64	1015,92
LABRANZAS	US\$/HA	78	78	78
SEMILLA+ INOCULANTE	US\$/HA	70	70	70
AGROQUIMICOS	US\$/HA	79	79	79
COSECHA	US\$/HA	50,25	78,17	94,92
COSTOS TOTALES	US\$/HA	277,25	305,17	321,92
MARGEN BRUTO	US\$/HA	260,59	531,47	694,00

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla VII: Margen bruto proyectado de soja de 1era bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de septiembre en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

SOJA DE 1ERA				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	25	35	45
PRECIO SOJA MAY/24	US\$/TN	341	341	341
INGRESO BRUTO	US\$/HA	853	1194	1535
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	140	196	252
ING NETO	US\$/HA	713	998	1283
C. O DE LA TIERRA	US\$/HA	576	576	576
LABRANZAS	US\$/HA	94	94	94
SEMILLA+INOC	US\$/HA	52	52	52
AGROQUIMICOS+FERT+FUNG	US\$/HA	349	349	349
COSECHA	US\$/HA	59,675	83,545	107,42
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1130,68	1154,55	1178,42
MARGEN BRUTO	US\$/HA	-418	-157	104

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla VIII: Margen bruto proyectado de maíz bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de septiembre en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

MAÍZ				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	50	80	120
PRECIO MAIZ ABR/24	US\$/TN	186	186	186
INGRESO BRUTO	US\$/HA	930	1488	2232
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	237,6	380,16	570,24
INGRESO NETO	US\$/HA	692,4	1107,84	1661,76
C. O DE LA TIERRA	US\$/HA	576	576	576
LABRANZAS	US\$/HA	78	78	78
SEMILLA	US\$/HA	235	235	235
AGROQUIMICOS+FERTILIZ	US\$/HA	497	497	497
COSECHA	US\$/HA	48,36	77,376	116,064
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1434,36	1463,38	1502,06
MARGEN BRUTO	US\$/HA	-741,96	-355,54	159,70

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla IX: Margen bruto proyectado de trigo bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de septiembre en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

TRIGO				
RENDIMIENTOS	QQ/H	22	32	45
PRECIO TRIGO ENE/24	US\$/TN	231	231	231
ING BRUTO	US\$/HA	508,2	739,2	1039,5
GS COMERCIALIZ	US\$/HA	88,88	129,28	181,8
INGRESO NETO	US\$/HA	419,32	609,92	857,7
C. O DE LA TIERRA	US\$/HA	576	576	576
LABRANZAS	US\$/HA	67	67	67
SEMILLA+CURASEMILLAS	US\$/HA	90	90	90
AGROQUIMICOS+FERT	US\$/HA	282	282	282
COSECHA	US\$/HA	43	63	88
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1058	1078	1103
MARGEN BRUTO	US\$/HA	-639	-468	-246

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla X: Margen bruto proyectado de soja de 2da bajo 3 escenarios de rendimiento (malo, regular, bueno) con datos del mes de septiembre en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

SOJA DE 2DA				
RENDIMIENTOS	QQ/HA	28	28	34
PRECIO SOJA MAY/24	US\$/TN	341	341	341
INGRESO BRUTO	US\$/HA	953	954,8	1159,4
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	157	0	0
INGRESO NETO	US\$/HA	797	954,8	1159,4
LABRANZAS	US\$/HA	74	74	74
SEMILLA+INOCULANTE	US\$/HA	70	70	70
AGROQUIMICOS	US\$/HA	74	74	74
COSECHA	US\$/HA	76	0	0
COSTOS TOTALES	US\$/HA	295	218,00	218,00
MARGEN BRUTO	US\$/HA	502	736,80	941,40

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

5.5 Sobre la rotación de cultivos: ¿por qué es tan importante?

Según los autores Karlen et al (1994), los cuales son citados por Taboada y Varela (2014) la visión de la comunidad científica sobre la efectividad de las rotaciones ha ido variando. Durante la década de 1950 y comienzos de 1960, se consideró que los fertilizantes sintéticos y pesticidas podrían reemplazar para siempre la rotación de cultivos, sin pérdida de rendimiento, pero la opinión actual ha cambiado. Hoy se acepta que la rotación de cultivos aumenta el rendimiento y permite la producción sostenida, lo cual no se relaciona necesariamente con el aporte o reemplazo de nutrientes. El efecto beneficioso de las rotaciones se relaciona probablemente con aumentos en la materia orgánica del suelo, mejoras en las propiedades físicas y con la interrupción del ciclo de muchos patógenos del suelo y ciclos de malezas, los cuales pueden ser responsables de la depresión del rendimiento con monocultivo continuo.

Taboada y Varela (2014) destacan que son bastantes clásicos los experimentos que muestran aumentos de 5-20% de rendimientos en maíz rotado con soja, en comparación con maíz en monocultivo. Inclusive comentan que es mucho más perjudicial para el estado de los suelos hacer soja continua (soja de primera) que soja en doble cultivo con trigo (soja de segunda).

6. Capítulo 2: modelizando

El modelo que se plantea a continuación consta de dos etapas. Una primera etapa en la cual se analizarán los datos proyectados en el mes de mayo, para decidir en qué lotes sembrar trigo, y en una segunda en la cual se toman los datos proyectados del mes de septiembre para observar si es conveniente sembrar maíz o soja de 1era en los lotes que quedan disponibles ya que no se sembrará soja de 2da.

6.1 1º etapa: ¿Conviene sembrar trigo en junio?

6.1.1 Variables

A continuación, se visualizan las variables del modelo construido. Se optó, para un más sencillo entendimiento, no incluir las variables iguales a cero. Esto abarca eliminar las variables de las tres opciones de cultivo en los lotes 0 y 8. Por lo que si bien, la superficie total del predio es de 156 hectáreas, se consideran como disponibles solo 151.5 hectáreas.

Además, tampoco se incluyen las variables de los cultivos que ya fueron efectuadas en la campaña previa en el lote analizado dado que se han comprobado los beneficios de la rotación de cultivos en los rendimientos.

Tabla XI: Variables consideradas en el modelo para el mes de mayo

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1	A2					A7		A9	A10	S
MAÍZ		B1		B3	B4	B5	B6	B7			B10	M
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		TS
HA POR LOTE		17	16	13,5	22	21	21	4		14	23	

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Siendo:

A1: Soja de 1era en el lote 1, **B1:** Maíz de 1era en el lote 1, **A2:** Soja de 1era en el lote 2, **C2:** Trigo y soja de 2da en el lote 2, **B3:** Maíz de 1era en el lote 3, **C3:** Trigo y soja de 2da en el lote 3, **B4:** Maíz de 1era en el lote 4, **C4:** Trigo y soja de 2da en el lote 4, **B5:** Maíz de 1era en el lote 5, **C5:** Trigo y soja de 2da en el lote 5, **B6:** Maíz de 1era en el lote 6, **C6:** Trigo y soja de 2da en el lote 6, **A7:** Soja de 1era en el lote 7, **B7:** Maíz de 1era en el lote 7, **A9:** Soja de 1era en el lote 9, **C9:** Trigo y soja de 2da en el lote 9, **A10:** Soja de 1era en el lote 10, **B10:** Maíz de 1era en el lote 10, **S:** Margen bruto de soja de 1era en US\$/Ha, **M:** Margen bruto de maíz en US\$/Ha, **TS:** Margen bruto de trigo y soja de 2da en US\$/Ha

6.1.2 Función objetivo

$$Z = S * ((A1 * 17) + (A2 * 16) + (A7 * 4) + (A9 * 14) + (A10 * 23)) + M * ((B1 * 17) + (B3 * 13,5) + (B4 * 22) + (B5 * 21) + (B6 * 21) + (B7 * 4) + (B10 * 23)) + TS * ((C2 * 16) + (C3 * 13,5) + (C4 * 22) + (C5 * 21) + (C6 * 21) + (C9 * 14))$$

6.1.3 Restricciones

Las restricciones tienen que ver con que en un lote solo debe usarse una de las dos opciones de cultivos disponibles a sembrar con el fin de llevar un recuento sobre el cultivo antecesor más claro.

- A1 y B1 son variables de connotación binaria.
- A2 y C2 son variables de connotación binaria.
- B3 y C3 son variables de connotación binaria.
- B4 y C4 son variables de connotación binaria.
- B5 y C5 son variables de connotación binaria.
- B6 y C6 son variables de connotación binaria.
- A7 y B7 son variables de connotación binaria.
- A9 y C9 son variables de connotación binaria.
- A10 y B10 son variables de connotación binaria.
- A1+B1=1
- A2+C2=1
- B3+C3=1

- $B4+C4=1$
- $B5+C5=1$
- $B6+C6=1$
- $A7+B7=1$
- $A9+C9=1$
- $A10+B10=1$
- No negatividad: las variables que definen la superficie asignada a cada cultivo no pueden ser números negativos.

$$A1, A2, A7, A9, A10 \geq 0$$

$$B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B10 \geq 0$$

$$C2, C3, C4, C5, C6, C9, \geq 0$$

6.1.4 Resultados en los diferentes escenarios

Luego de ingresar los datos correspondientes al mes de mayo sobre el margen bruto en US\$/Ha en los 3 escenarios se arribó a los siguientes resultados sobre qué conviene sembrar, y cuál sería la ganancia total obtenida. Los resultados sobre qué sembrar arrojados están expresados en términos binarios siendo 1=se debe cultivar esta opción, 0= no se debe cultivar esta opción. A continuación, en las siguientes tablas se exponen estos resultados.

Tabla XII: Resultados obtenidos en los tres escenarios (rendimiento malo, regular y bueno) en US\$ oficial y antes de impuesto a las ganancias y bienes personales.

Resultados escenario 1: rendimiento malo

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1	A2					A7		A9	A10	-302.33
MAÍZ		B1		B3	B4	B5	B6	B7			B10	-515.68
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		-301.29
HA POR LOTE		17	18	13,5	22	21	21	4		14	23	

Ganancia total obtenida tomando estas decisiones: US\$ -45.691,2

Resultados escenario 2: rendimiento regular

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1	A2					A7		A9	A10	-28.87
MAÍZ		B1		B3	B4	B5	B6	B7			B10	-72.69
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		159.19
HA POR LOTE		17	18	13,5	22	21	21	4		14	23	

Ganancia total obtenida tomando estas decisiones: US\$ 15.930,6

Resultados escenario 3: rendimiento bueno

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1	A2					A7		A9	A10	248.80
MAÍZ		B1		B3	B4	B5	B6	B7			B10	517.98
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		588.2
HA POR LOTE		17	16	13,5	22	21	21	4		14	23	

Ganancia total obtenida tomando estas decisiones: US\$ 83.871,7

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Como se puede observar el modelo nos arroja que se debe cultivar trigo y soja de 2da en los lotes 2,3,4,5,6 y 9 más allá de los rindes.

6.2 2º Etapa: ¿sembrar maíz o soja de 1era en octubre?

Dado que se eligió sembrar trigo en los lotes 2,3,4,5,6 y 9, se optó por armar otro modelo similar con menos variables para elegir qué sembrar en los lotes disponibles. Se contemplaron dos opciones: maíz o soja de 1era.

6.2.1 Variables

Tabla XIII: Variables consideradas en el modelo para el mes de septiembre

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1						A7			A10	S
MAÍZ		B1						B7			B10	M
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		TS
HA POR LOTE		17	16	13,5	22	21	21	4		14	23	

Fuente: elaboración propia en base a información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Siendo:

A1: Soja de 1era en el lote 1, **B1:** Maíz de 1era en el lote 1, **C2:** Trigo y soja de 2da en el lote 2, **C3:** Trigo y soja de 2da en el lote 3, **C4:** Trigo y soja de 2da en el lote 4, **C5:** Trigo y soja de 2da en el lote 5, **C6:** Trigo y soja de 2da en el lote 6, **A7:** Soja de 1era en el lote 7, **B7:** Maíz de 1era en el lote 7, **C9:** Trigo y soja de 2da en el lote 9, **A10:** Soja de 1era en el lote 10, **B10:** Maíz de 1era en el lote 10, **S:** Margen bruto de soja de 1era en US\$/Ha, **M:** Margen bruto de maíz en US\$/Ha, **TS:** Margen bruto de trigo y soja de 2da en US\$/Ha.

6.2.2 Función objetivo

$$Z=S*((A1*17)+(A7*4)+(A10*23))+M*((B1*17)+(B7*4)+(B10*23))+TS*((C2*16)+(C3*13,5)+(C4*22)+(C5*21)+(C6*21)+(C9*14))$$

6.2.3 Restricciones

Las restricciones tienen que ver con elegir entre maíz y soja de 1era en los lotes en los que no se sembró trigo.

- A1 y B1 son variables de connotación binaria.
- A7 y B7 son variables de connotación binaria.
- A10 y B10 son variables de connotación binaria.
- $A1+B1=1$
- $C2=1$
- $C3=1$
- $C4=1$
- $C5=1$
- $C6=1$
- $A7+B7=1$
- $C9=1$
- $A10+B10=1$
- No negatividad: las variables que definen la superficie asignada a cada cultivo no pueden ser números negativos.

$$A1, A7, A10 \geq 0$$

$$B1, B7, B10 \geq 0$$

$$C2, C3, C4, C5, C6, C9 \geq 0$$

6.2.4 Resultados en los diferentes escenarios

Luego de ingresar los datos correspondientes al mes de septiembre sobre el margen bruto en US\$/Ha en los 3 escenarios se arribó a los siguientes resultados sobre qué es conveniente sembrar, y cuál será la ganancia total obtenida por el productor. A continuación, en las siguientes tablas se exponen estos resultados.

Tabla XIV: Resultados obtenidos en los tres escenarios (rendimiento malo, regular y bueno) en US\$ oficial y antes de impuesto a las ganancias y bienes personales.

Resultados escenario 1: rendimiento malo

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1						A7			A10	-418
MAÍZ		B1						B7			B10	-741.96
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		-392.71
HA POR LOTE		17	18	13,5	22	21	21	4		14	23	

Ganancia total obtenida tomando estas decisiones: US\$ -60.608.33

Resultados escenario 2: rendimiento regular

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1						A7			A10	-157
MAÍZ		B1						B7			B10	-355.54
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		36.23
HA POR LOTE		17	16	13,5	22	21	21	4		14	23	

Ganancia total obtenida tomando estas decisiones: US\$ -3.013,28

Resultados escenario 3: rendimiento bueno

	LOTE 0	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	LOTE 6	LOTE 7	LOTE 8	LOTE 9	LOTE 10	MARGEN BRUTO EN US\$/HA
SOJA DE 1ERA		A1						A7			A10	104
MAÍZ		B1						B7			B10	159.7
TRIGO+ SOJA DE 2DA			C2	C3	C4	C5	C6			C9		413
HA POR LOTE		17	16	13,5	22	21	21	4		14	23	

Ganancia total obtenida tomando estas decisiones: US\$ 51.424,30

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

En esta segunda etapa es más difícil tomar una decisión. Si los rindes son muy altos es conveniente sembrar maíz, pero si esto no sucede se habrá incurrido en altos costos fijos y se terminará con resultados negativos. Una buena estrategia sería diversificar, tal vez hacer en el lote 1 y 7 maíz, y en el 10 soja de 1era.

7. Conclusiones

El modelo de optimización planteado a lo largo del trabajo permite decidir que se cultivará en cada lote con el fin de obtener el máximo beneficio en el establecimiento analizado de una manera sencilla utilizando la programación lineal. Pero también pone de manifiesto, la alta incidencia del costo de oportunidad de la tierra generando un replanteo sobre la conveniencia de trabajarla o arrendarla.

Lo interesante del modelo es que el titular del establecimiento agrícola, puede utilizarlo en las próximas campañas haciendo mínimas modificaciones, pudiendo otros productores de la región replicar el modelo efectuando algunos simples cambios. Tan solo se necesita saber datos simples como las hectáreas disponibles del campo, su distribución por lotes, lo sembrado en la campaña pasada, y el margen bruto proyectado por hectárea en los meses de mayo y septiembre.

Si bien se sabe que una toma de decisiones completamente racional es imposible en cualquier país, pero aún más en la Argentina dadas las cambiantes medidas gubernamentales, se considera que tener una proyección de posibles rangos de ganancias a dólar oficial antes de impuesto (a las ganancias y a bienes personales) en diferentes escenarios será útil para las proyecciones de gastos e inversiones de los productores.

Cabe aclarar, que para tener resultados más precisos se recomienda calcular el margen bruto en base a datos sobre los costos de la propia empresa. Sin embargo, en caso de no poder hacerlo, el modelo también puede ser útil para contrastar cuánto se podría haber ganado si se hubiesen tenido gastos similares a los expuestos en revistas especializadas, y así observar desvíos, y qué modificaciones deberían considerarse para la próxima campaña.

Aportes posteriores en esta línea podrían incluir actividades ganaderas bovinas (cría y recría, invernada a campo, feedlot o ciclo completo). Así como también, podría contemplarse la producción porcina y avícola, o la horticultura, aunque se efectúe en la región en menor medida.

Además, sería interesante efectuar el análisis de una manera sistémica que incluya los diferentes establecimientos que son propiedad de un mismo productor. Esto es importante, ya que en la región del sur de Santa Fe muchos productores tienen diferentes establecimientos con diferentes aptitudes de suelo en diferentes localizaciones.

Referencias bibliográficas

Alvarado Boirivant, J. (2009). La programación lineal aplicación de las pequeñas y medianas empresas. *Reflexiones*, 88 (1) Recuperado de:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72912559007>

Arbolave, M. R.(coordinador). (mayo, 2023). Soja de 1ª: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (455),34.

Arbolave, M. R.(coordinador). (mayo, 2023). Maíz: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (455),35.

Arbolave, M. R.(coordinador). (mayo, 2023). Soja de 2ª: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (455),59.

Arbolave, M. R.(coordinador). (mayo, 2023). Trigo: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (455),62.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2022). Soja de 1ª: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38(447),34.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2022). Maíz: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (447),35.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2022). Soja de 2ª: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (447),59.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2022). Trigo: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 38 (447),62.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2023). Soja de 1ª: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 39(459),34.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2023). Maíz: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*, 39 (459),35.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2023). Soja de 2^a: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*,39 (459),59.

Arbolave, M. R.(coordinador). (septiembre, 2023). Trigo: Costos y márgenes. *Márgenes Agropecuarios*,39 (459),62.

Bolsa de comercio de Rosario. (2021). *Evolución de los derechos de exportación para productos agroindustriales seleccionados*. Recuperado de:

<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/mercado-de-granos/noticias/evolucion-de-los-derechos-de-exportacion-para-productos>

Boussard, J. M. (1977). *Estudios de programación lineal aplicada al sector agrario en países no socialistas: una revisión*. Recuperado de:

<https://www.researchgate.net/publication/28151269>

Castillo, E., Delgado, O., De León, H., Escartin, L., Saéz, Y., Collado, E. (2020) Mejoramiento del uso del suelo en la agricultura mediante herramientas basadas en la optimización. *I+D tecnológico*, 17 (2). Recuperado de:

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392429004/index.html>

Chiang, A. C. (1967) *Métodos fundamentales de economía matemática*, Buenos Aires, Argentina: Amorrortu editores.

FADA. (2023). *Índice FADA participación del estado en la renta agrícola*. Recuperado de:

<https://fundacionfada.org/informes/indice-fada-participacion-del-estado-en-la-renta-agricola-septiembre-2023/>

García Valerio, R. J. (1999). *Evaluación de opciones de producción comercializables: uso de la programación lineal con pequeños productores de laderas* (tesis de grado), Universidad de Zamorano, Zamorano, Honduras. Recuperado de:

<https://bdigital.zamorano.edu/home>

Hidalgo Benítez, C. E. (2019). *Sistema de Programación Lineal: Un apoyo a la producción de la pequeña agricultura* (tesis de maestría), Universidad Andrés Bello, Concepción, Chile. Recuperado de:

<http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/17032>

Pellegrini, J. L. (2022) *De la economía a la estrategia: teorías de la empresa como organización económica*. Rosario, Argentina: UNR editora.

Ramírez Cortes, V., Vázquez Alamilla, M. A., Ruiz Reynoso, A. M. (2022). El método simplex como herramienta en la optimización de recursos de una empresa agroindustrial. *Religación*, 7 (34). Recuperado de:

<http://doi.org/10.46652/rqn.v7i34.980>

Simon, H. J. (1964). *El Comportamiento Administrativo*. Madrid, España: Editorial Aguilar.

Taboada, M. A. y Varela M. F. (2014). *Impactos de las rotaciones de cultivos sobre los suelos*. Recuperado de:

<https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2014/12/RotaciondecultivosTaboada.docx.pdf>

Anexo 1: validación del modelo

A continuación, se calculan e insertan en el modelo los datos del mes septiembre de 2022, con el fin de obtener la ganancia total proyectada con las decisiones efectivamente tomadas por el productor de manera intuitiva ese año. Luego se la compara con las ganancias verdaderamente obtenidas en la campaña 22/23.

El año anterior, se caracterizó por ser un año de sequía extrema. Como consecuencia de ello, los rendimientos fueron malos. El productor optó por sembrar trigo junto a soja de 2da en los lotes 1,7 y 10. Sembró soja de 1era en los lotes 3,4,5, y 6, y maíz en los lotes 2 y 9.

En la siguiente tabla se adjuntan los márgenes brutos proyectados en el 1º escenario (rendimientos malos) durante el mes de septiembre. El costo de oportunidad en el caso del doble cultivo (trigo-soja de 2da) es computado totalmente en el trigo atento no altera el resultado.

Tabla XV: Margen bruto proyectado de soja de 1era bajo el 1º escenarios de rendimiento (malo) con datos del mes de septiembre de 2022 en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

SOJA DE 1ERA		
RENDIMIENTOS	QQ/HA	25
PRECIO SOJA MAY/23	US\$/TN	359
INGRESO BRUTO	US\$/HA	898
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	150
ING NETO	US\$/HA	748
C.O DE LA TIERRA	US\$/HA	574
LABRANZAS	US\$/HA	99
SEMILLA+INOC	US\$/HA	52
AGROQUIMICOS+FERT+FUNG	US\$/HA	354
COSECHA	US\$/HA	53,56
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1132,96
MARGEN BRUTO EN US\$/HA	US\$/HA	-385

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla XVI: Margen bruto proyectado de maíz bajo el 1º escenarios de rendimiento (malo) con datos del mes de septiembre de 2022 en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

MAÍZ		
RENDIMIENTOS	QQ/HA	50
PRECIO MAIZ ABR/23	US\$/TN	232
INGRESO BRUTO	US\$/HA	1160
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	265,5
INGRESO NETO	US\$/HA	894,5
C.O DE LA TIERRA	US\$/HA	574
LABRANZAS	US\$/HA	86
SEMILLA	US\$/HA	213
AGROQUIMICOS+FERTILIZ	US\$/HA	508
COSECHA	US\$/HA	52,31
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1433,31
MARGEN BRUTO EN US\$/HA	US\$/HA	-538,81

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla XVII: Margen bruto proyectado de trigo bajo el 1º escenarios de rendimiento (malo) con datos del mes de septiembre de 2022 en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

TRIGO		
RENDIMIENTOS	QQ/HA	22 QQ/HA
PRECIO TRIGO ENE/23	US\$/TN	270
ING BRUTO	US\$/HA	594
GS COMERCIALIZ	US\$/HA	100,1
INGRESO NETO	US\$/HA	493,9
C.O DE LA TIERRA	US\$/HA	574
LABRANZAS	US\$/HA	74
SEMILLA+CURASEMILLAS	US\$/HA	77
AGROQUIMICOS+FERT	US\$/HA	356
COSECHA	US\$/HA	47
COSTOS TOTALES	US\$/HA	1128
MARGEN BRUTO EN US\$/HA	US\$/HA	-635

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Tabla XVIII: Margen bruto proyectado de soja de 2da bajo el 1º escenarios de rendimiento (malo) con datos del mes de septiembre de 2022 en US\$ oficial antes de impuesto a las ganancias y bienes personales

SOJA DE 2DA		
RENDIMIENTO	QQ/HA	18 QQ/HA
PRECIO SOJA MAY/23	US\$/TN	359
INGRESO BRUTO	US\$/HA	646,2
GS COMERCIALIZACION	US\$/HA	107,62
INGRESO NETO	US\$/HA	538,58
LABRANZAS	US\$/HA	82
SEMILLA+INOCULANTE	US\$/HA	70
AGROQUIMICOS	US\$/HA	98
COSECHA	US\$/HA	52
COSTOS TOTALES	US\$/HA	301,73
MARGEN BRUTO EN US\$/HA	US\$/HA	236,85

Fuente: elaboración propia en base a datos de la revista márgenes agropecuarios e información proporcionada por el productor agropecuario dueño del establecimiento.

Ahora se procede a incluir los márgenes brutos proyectados en el modelo y se contemplan las decisiones tomadas por el productor de manera intuitiva como las únicas posibles de efectuar, para así llegar a la ganancia total proyectada y compararla con las ganancias verdaderas de la campaña 22/23.

Se plantea el modelo de la siguiente manera:

Variables

C1: Trigo y soja de 2da en el lote 1, **B2:** Maíz en el lote 2, **A3:** Soja de 1era en el lote 3, **A4:** Soja de 1era en el lote 4, **A5:** Soja de 1era en el lote 5, **A6:** Soja de 1era en el lote 6, **C7:** Trigo y soja de 2da en el lote 7, **B9:** Maíz en el lote 9, **C10:** Trigo y soja de 2da en el lote 10.

Función objetivo

$$Z = -440,12 * ((13,5 * A3) + (22 * A4) + (21 * A5) + (21 * A6)) - 370,37 * ((16 * B2) + (14 * B9)) - 573,57 * ((17 * C1) + (4 * C7) + (23 * C10))$$

Restricciones

$$C1 = 1$$

$$B2 = 1$$

$$A3 = 1$$

$$A4 = 1$$

$$A5 = 1$$

$$A6 = 1$$

$$C7 = 1$$

$$B9 = 1$$

$$C10 = 1$$

Ganancia total proyectada tomando estas decisiones según el modelo: US\$ -63.520,4

Ganancia total obtenida verdaderamente por el productor: US\$ -70.450

Si bien la ganancia total que se proyectó en el modelo difiere de la verdaderamente obtenida por el productor dado que los rindes de la soja de 1era fueron en promedio 23 QQ/ha, los rindes del maíz fueron en promedio 60 QQ/ha, los rindes promedio del trigo fueron 12 QQ/ha, y los rindes promedio de la soja de 2da fueron 19 QQ/ha. Sumado a que el productor vendió la cosecha en diferentes momentos del año. Notamos que el resultado obtenido por el productor en esta campaña tan mala es cercano al proyectado. Con lo cual se verifica el funcionamiento del modelo aun en años extremos como lo ha sido la campaña 22/23 siendo uno de los pocos años en los cuales se declaró desastre agropecuario en la zona.