

Proceso de Decisión Estratégica para Inversiones Agropecuaria

Hernan Peduto, Ignacio Colino,
Gaston Casalis, Javier Moldovan



ITBA
Proyecto Final
Tutor: Pablo Coccolo
Junio de 2012

Resumen ejecutivo

El objetivo principal del presente análisis es el de generar un proceso de decisión para maximizar la rentabilidad de un inversor agropecuario.

Para esto se llevará adelante un relevamiento del contexto nacional de producción agrícola y ganadera, a fin de comprender las principales fuerzas que influyen en este mercado. Al ser los productos de estas actividades, commodities comercializados en el mercado internacional, también se debió estudiar el comportamiento de estos mercados globales en tanto son éstos los que determinan el precio.

Se estudiará la estructura de costos de producción de estas actividades, proyectando los mismos a lo largo del periodo de análisis. Para esto se dividirán las actividades en tres tipos de explotaciones básicas; una agrícola, una ganadera de cría y una ganadera de engorde.

Una vez comprendida la estructura de las distintas actividades agropecuarias se procederá a definir la lógica de un modelo de Programación Lineal Mixta, teniendo en cuenta la maximización del Valor Actual Neto de la inversión y las distintas restricciones propias de la actividad.

Complementando la programación con los datos de la estructura de costos, precios de venta y determinando una inversión inicial, se construirá el modelo. De esta manera se obtendrá un escenario base del cual se partirá para generar los escenarios alternativos.

Se seleccionarán las variables más relevantes para formar un grupo de escenarios tanto representativos como probables, siendo algunos de ellos pesimistas y otros optimistas. Al comparar las distintas estrategias propuestas por el modelo se podrá definir un plan de acción para las diversas situaciones que pueden presentarse a un inversor.

Executive Brief

The main objective of the current analysis, is to create a decision making process in order to maximize the return of an agricultural investor.

To this end, a study will be carried out, to analyze the national context of agricultural and live stock related production, in order to understand the main forces that influence this market. Being the byproducts of these activities commodities, placed on the international market, a study of the behavior of those markets will be carried out, since those are the defining agents which determine the price of the products considered.

A research about the structure of the production costs of these activities will be done, and the data will be projected throughout the analyzed period. To achieve this, the project was divided into three basic types of farming establishments: a farm, a cattle breeding farm, and a cattle fattening facility.

Having understood the structure of the various farming activities, the next step will be to define the logic of a Mixed Linear Programming model, considering the maximization of Net Present Value, of the initial investment and the various restrictions intrinsic of each activity.

Complimenting the code with the data about costs structure, sales prices and determining an initial investment, the model will be complete. The output of this model, a "base scenario" will be defined, and then split, in order to generate alternative study cases.

The most relevant variables will be selected to build a representative group of likely scenarios, some of which will be considered pessimistic, and some optimistic. When comparing the different strategies proposed by the model, it will be possible to recommend an action plan, for the many cases that may or may not occur during the project.

Descriptor Bibliográfico

El presente documento, propone adjudicar la optimización de recursos financieros en distintas explotaciones agrícola-ganaderas con el fin de maximizar el retorno para los inversores. Para esto se utilizaron diversos análisis de mercado, precios y costos, un modelo de programación lineal mixta y herramientas varias como simulación de Montecarlo.

Palabras Clave

Agronegocios, Agricultura, Ganadería, Inversión, Programación Lineal, Optimización, Montecarlo.

Agradecimientos

Gastón Casalis

Agradezco a mis padres, Raquel y Daniel, por haberme ayudado e incentivado durante toda la carrera.

A mis hermanas, Antonella y Laura y a mi abuela Piernia, por estar siempre presentes.

A todos mis amigos, quienes también me apoyaron: Pablo, Herman, Adrián, Omar, Eugenia, Conrado, Mili, Diego, Nahuel, Nic, Kiki, Pachi y Brandy.

Por último, un especial agradecimiento a quienes hicieron posible la realización de esta tesis, a mis amigos Hernán, Colino y Javier, y al Ingeniero Agrónomo Ariel Chiotti.

Ignacio Colino

A mis papás Claudio y Graciela, que son mi inspiración y fuente de valores.

A mis hermanos Santi, Magui y Scott. A mis abuelas y abuelos Juan, Hilario, Adela y Lidia.

A mis tíos y primos Omar, Marta, Maru, Juli y Frodo.

A todos mis amigos del colegio que me acompañaron y apoyaron siempre: Herman, Alex, Jero, Vare, Facu, Matu, Andy, Juan y Sebo.

A los amigos que me deja la facu, y que hicieron de estos años una experiencia divertida y única: Conrad, Diego, Nik, Pablito, Nahuel, Chapi, Mili, Omar, Mariano, Tucu, Pachi, Vir, Agus, Jofi, Sofi, Jose, Juli, Lucas, Java, Sofi, Kiki y Agus.

A mis compañeros Gastón, Hernán y Javi, por todos los fines de semana que pasamos juntos haciendo este trabajo.

Javier Moldovan

Agradezco a mi familia y amigos. A todos los que me apoyaron a lo largo de la carrera en general, y de esta tesis en particular, gracias.

Yiyo y Laura, Adda, Cata, Grachy y Berna, Pacha, Franclin, Tino, Java, José, Diego, Tucu, Tata, Nando, Lara, Enana, Agus y Vicky.

Un especial agradecimiento al grupo: Gasket, Berni y Colins.

Hernán Peduto

A mis padres, Lidia y Miguel quienes me apoyaron durante este largo trayecto.

A mis hermanas Laura y Mariela. A mi abuela Carolina.

A los buenos amigos que me dejó la facultad: Nic, Adrián, Eugenia, Pachi, Mili, Diego, Herman, Lucas, Omar, Mariano, Marta, Conrad, Pablo, Agus, Jofi, Vir, Flopi, Sofi, Barbi, Java, José, Kiki y Sofi.

A los que me vienen acompañando desde antes y siempre están presentes: Den, Tata, Agustín, Mariel, Orge, Haza, Axel, Fabi y Javito.

Y un agradecimiento especial a los que me ayudaron a dar este último paso de la carrera: Colins, Gastón y Javier.

Indices

Resumen ejecutivo	1
Executive Brief	4
Descriptor Bibliográfico.....	5
Palabras Clave.....	5
Agradecimientos.....	6
Gastón Casalis.....	6
Ignacio Colino	6
Javier Moldovan.....	7
Hernán Peduto.....	7
Capítulo 1: Presentación del proyecto.....	1
1.1 Descripción de los productos contemplados.....	1
1.1.1 Productos agrícolas	1
1.1.2 Rindes	6
1.1.3 Siembra directa	7
1.1.4 Productos ganaderos.....	8
1.2 El agro en números	10
1.2.1 Sector agrícola.....	10
1.2.2 Sector ganadero	11
1.3 Análisis de precios.....	14
1.3.1 Precios de los cultivos.....	14
1.3.2 Precio del animal en pie.....	16
1.4 Análisis de la Demanda.....	18
1.4.1 Proyecto Agrícola	18
1.4.2 Proyecto Ganadero.....	21
1.5 Elección del modelo	22
1.5.1 Definición del problema de interés	22
1.5.2 Formulación del modelo matemático	22
1.5.3 Implementación	23
1.5.4 Análisis complementarios.....	24
Capítulo 2: Determinación de los datos necesarios.....	25

2.1 Inversión Inicial	25
2.2 Proyección de los precios	25
2.2.1 Retenciones	27
2.3 Costos Agrícolas	28
2.3.1 Costos fijos	28
2.3.2 Costos Variables	29
2.3.3 Análisis de costo por cultivo.....	33
2.4 Proyección de los costos agrícolas	36
2.5 Coeficientes agrícolas para el modelo.....	39
2.6 Estructura Económica de la Producción Ganadera	39
2.6.1 Raza.....	39
2.6.2 Coeficientes para el modelo	41
Capítulo 3: Elaboración del modelo de Programación Lineal	51
3.1 Supuestos de la Programación Lineal.....	51
3.1.1 Supuestos de proporcionalidad y de aditividad	51
3.1.2 Programación Entera Binaria	51
3.1.3 Supuesto de certidumbre	51
3.1.4 Supuesto de no negatividad.....	52
3.1.5 Venta de la totalidad de la producción.....	52
3.2 Función Objetivo	52
3.3 Restricciones del modelo.....	53
3.3.1 Realización de una sola actividad en un lote determinado en un período determinado	53
3.3.2 Restricciones por tipo de actividad (ganadería vs agricultura)	53
3.3.3 Fechas de realización de cada cultivo.....	54
3.3.4 Rotación de cultivos.....	54
3.3.5 Diversificación de cultivos.....	55
3.3.6 Restricciones referidas a la cría de vacas.....	55
3.3.7 Relación entre cultivos de trigo y soja de 1°	56
3.3.8 Flujo de fondos positivo para todo el ejercicio	56
3.3.9 Activación de los costos fijos.....	57
3.4 Retoques finales al modelo	58
3.4.1 Tasa de descuento	58

3.4.2 Impuestos.....	59
3.4.3 Alquileres	60
3.5 Modelo CPLEX.....	60
3.6 Resultado de la corrida del modelo	65
3.7 Simulación de Montecarlo.....	66
3.7.1 VAN.....	67
3.7.2 TIR.....	68
3.7.3 Bache Máximo.....	68
3.7.4 Conclusión.....	69
Capítulo 4: Análisis de Escenarios.....	70
4.1 Introducción.....	70
4.2 Variables de Riesgo	70
4.2.1 Ganadería.....	70
4.2.2 Agricultura.....	72
4.3 Escenarios.....	76
4.3.1 Escenarios Pesimistas	76
4.3.2 Escenarios Optimistas.....	78
Aumento del precio del animal en pie	79
4.3.3 Conclusiones del Análisis de Escenarios.	80
Capítulo 5: Conclusiones y futuras líneas de investigación.....	81
5.1 Conclusiones	81
5.2 Futuras líneas de investigación	82
Capítulo 6: Bibliografía.....	83
Libros.....	83
Publicaciones	83
Paginas Web Consultadas	83
Capítulo 7: Anexos.....	84
7.1 Apertura de Costos.....	84
7.1.1 Soja 1°	84
7.1.2 Soja 2°	84
7.1.3 Maíz	85
7.1.4 Trigo.....	85

7.1.5 Girasol	86
7.1.6 Cebada	86
7.2 Costo Servicio de Cosecha por Rinde de Cultivo.....	87
7.3 Superficie cultivada por actividad	89
7.4 Demanda anual por cultivo (Argentina)	90
7.5 Precios Futuros	91
7.6 Condiciones contractuales de precios futuros.....	92
7.7 Precios Futuros del NCDEX	93
7.8 Especificaciones contractuales de NCDEX.....	94
7.9 Rindes promedio de Argentina	95
7.10 Modelo de engorde para hembras de cría	96
7.11 Modelo de engorde para hembras de engorde.....	97
7.12 Modelo de engorde para machos de cría.....	98
7.13 Modelo de engorde para machos de engorde.....	99
7.14 Alimentación de Recría.....	100
7.15 Alimentación de Engorde	100

Capítulo 1: Presentación del proyecto

La producción agrícola y ganadera es, tradicionalmente, uno de los motores de la economía Argentina. Con una participación de aproximadamente el 33% en las exportaciones del último año¹, y constituyendo un 11% del PBI², el campo argentino se muestra como uno de los sectores más propensos a atraer capitales de inversores tanto nacionales como extranjeros.

El problema que presenta un sector tan tradicional, es que en su mayoría, los terrenos se administran con prácticas antiguas, basadas principalmente en los precios de venta de la temporada anterior, sin una cultura realmente analítica que contemple conceptos como productividad, proyecciones de precios, costos, riesgos, etc.

A esto, se suma la presencia de inversores que disponen de capitales para invertir, pero no se animan a hacerlo en tanto desconocen del tema y no cuentan con la asesoría que realmente necesitan para sentirse seguros y dar el primer paso en este tipo de emprendimientos.

Es por esto que el presente trabajo consistirá en desarrollar un modelo de análisis para estrategias de agronegocios, de modo que una entidad inversora pueda elegir el mejor curso de acción a lo largo de un proyecto, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente.

1.1 Descripción de los productos contemplados

A continuación se realizará una breve descripción de los productos y actividades agropecuarias que se tendrán en cuenta a la hora de definir las variables de decisión del modelo. Dichos productos se categorizarán como agrícolas o ganaderos.

1.1.1 Productos agrícolas

Trigo

El trigo es uno de los cinco cultivos de mayor importancia en el país. Con 4,5 millones de hectáreas cosechadas durante la campaña 10-11 fue el segundo cereal con mayor superficie cultivada, representando el 12,2 % del total dedicado a la agricultura. Su diversidad de usos lo hacen uno de los principales componentes de la base dietaria occidental. Entre los productos elaborados con el mismo, se destacan la harina, la harina integral, la sémola y la cerveza.

Los registros muestran que la demanda nacional fue altamente inferior a los volúmenes producidos, provocando que el excedente fuese comercializado en los mercados internacionales. Esta tendencia se vio afectada a finales del 2009, cuando el gobierno, mediante diversas acciones (como la limitación o incluso el cerramiento de las exportaciones) trató de regular el mercado.

¹ Según datos del informe de Intercambio Comercial Argentino del INDEC (21-03-2012)

² Datos de la Dirección Nacional de Cuentas para el año 2011

Presentación del Proyecto

Como consecuencia directa de este accionar, los productores se vieron forzados a vender su excedente en el mercado interno a un menor precio, debido a la saturación del mismo.

Como con la mayoría de los cultivos, a la hora de la siembra deben tenerse varias consideraciones; Los factores a tener en cuenta al momento de sembrar trigo se pueden diferenciar en tres categorías: estación del año, características del suelo (nutrientes y características superficiales) y clima.

El trigo es un cultivo estacional, lo cual condiciona su siembra y cosecha a determinados meses del año. Su siembra se realiza en otoño, durante los meses de Marzo hasta la primera quincena de Agosto y se cosecha en el verano, desde finales de Septiembre ala primera quincena de Enero. El mes seleccionado para su siembra dependerá de la rapidez con la que se desee que germine el grano. Se aconseja la siembra en otoño ya que los rindes son mayores, debido a un mayor periodo vegetativo y por ende de germinación.

Con respecto a las características del suelo, se requieren superficies blandas donde se puede enterrar la semilla a una profundidad de 3 a 6 cm (aunque en caso de suelos muy blandos o siembra tardía, la profundidad será mayor). Es esencial que el área seleccionada para la siembra se encuentre libre de malezas o malas yerbas, de no ser así se deberán utilizar diversos herbicidas para su eliminación. También se requieren suelos con alto contenido de minerales. Entre los más importantes se encuentran: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio.

Por último se deberá tener en cuenta los factores climáticos. El lugar seleccionado para la siembra deberá contar con temperaturas del orden de 10 a 24°C durante la época de crecimiento y madurez. De otra forma el grano no se desarrollara de forma eficaz afectando los rindes obtenidos.

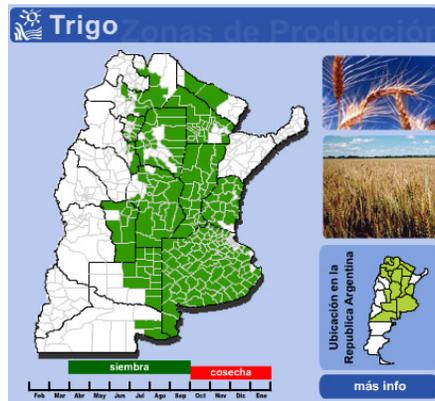


Ilustración 1: Zonas de producción de trigo. Fuente: Ministerio de Agricultura.

Presentación del Proyecto

Soja

Debido al auge de los precios registrados desde el año 2000 en adelante, la soja se convirtió en uno de los cultivos predilectos de los agricultores. Para el 2002 la superficie dedicada a dicha leguminosa duplicaba a la del trigo, llegando para la campaña 2010/2011 a representar el 50,7% de la superficie cultivada. Su crecimiento no solo se debió al aumento de los precios sino a la gran variedad de productos a la que se la podía destinar, entre los que se destacan la harina de soja, diversos aceites, alimento para ganados y biocombustibles.

En Argentina el sembrado de la soja se divide en dos épocas del año, dependiendo de si se realiza siembra de 1ra o de 2da. Durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre se realiza lo que se conoce como siembra de primera, mientras que la de segunda se efectúa en Noviembre, Diciembre y Enero. Su cosecha se realiza aproximadamente seis meses después: para la de primera en los meses de Marzo, Abril, Mayo y Junio, mientras que para la de segunda, durante Abril, Mayo, Junio y Julio.

La selección de un tipo de siembra sobre la otra se debe a diferentes estrategias económicas. Mediante la siembra de segunda se puede realizar rotación con la del trigo, lo cual permite utilizar el terreno anteriormente preparado, disminuyendo los costos en agroquímicos (por control de malezas) y fertilizantes. La contra de este tipo de estrategia se refleja en los rindes, los cuales son menores a los obtenidos mediante una siembra de primera. Esto principalmente se debe a la diferencia de temperaturas y fotoperiodos (horas de luz).

En el mapa mostrado a continuación se puede observar la distribución del cultivo en el territorio argentino:

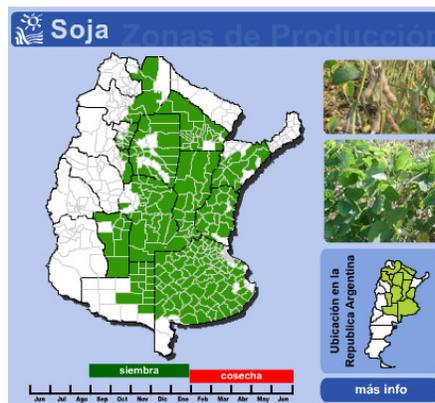


Ilustración 2: Zonas de producción de Soja. Fuente: Ministerio de Agricultura.

Maíz

El maíz es el tercer producto en importancia dentro de la agricultura argentina. Hasta mediados de los noventa fue el segundo cultivo preferencial detrás del trigo, pero con los incrementos en la

Presentación del Proyecto

cotización de la soja pasó a un tercer plano. En la actualidad representa el 10,1% de la superficie cultivada (campaña 10/11). Entre sus principales usos se encuentran la elaboración de aceites, alimentos, forraje para animales y biocombustible. Su mayor importancia recae actualmente en los biocombustibles donde durante la década del 2000 el consumo industrial del mismo aumento un 84%.

El maíz sembrado se puede diferenciar en dos tipos de cultivos, el que tiene la finalidad de obtener granos y el destinado para silaje. Dependiendo de dicha finalidad sus periodos de cultivación varían. Para ambos la siembra se realiza durante los meses de Septiembre y Octubre. La cosecha para la obtención de granos será durante Marzo, Abril y Mayo, mientras que para silaje, la misma se realizara durante Febrero y Marzo (aunque en algunos casos la cosecha se puede extender durante los meses de Junio a Agosto, pero por no ser el caso generalizado no se tendrá en cuenta).

Las zonas seleccionadas para su cultivo deben ubicarse en regiones en las que, durante las etapas de crecimiento y madurez, presenten temperaturas entre los 15-18°C y cuenten con aportes de minerales ricos en potasio, nitrógeno y fosforo.

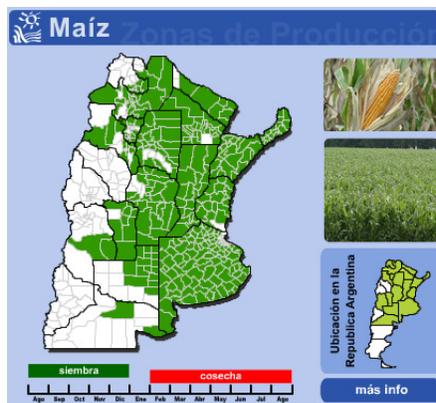


Ilustración 3: Zonas de producción de Maíz. Fuente: Ministerio de Agricultura.

Girasol

El girasol presentó su auge durante los años 90, alcanzado su mayor nivel productivo durante el periodo 98/99, cuando registro 4 millones de hectáreas cosechadas (debido al aumento de la demanda de aceite de girasol). Durante el 2000 los precios de la oleaginosa cayeron considerablemente provocando una caída en su producción. Los productores agropecuarios optaron en invertir en otros cultivos en auge con similares fechas de siembra y cosecha. Desde entonces el precio de la oleaginosa ha aumentado recuperándose lentamente. Durante la campaña 10/11 fue el cuarto producto agrónomo mayormente cultivado ocupando el 4,7% de la superficie explotada por el agro.

Presentación del Proyecto

Su siembra se realiza, generalmente, durante los meses de Septiembre-Diciembre y la cosecha durante Marzo, Abril y Mayo. Como se puede observar dichas fechas son similares a las del Maíz y la Soja de primera. Esto genera una competencia regulada por la comparación de rindes, gastos y precios al momento de optar entre uno de los tres cultivos.

El girasol requiere de similares condiciones de suelo que en los casos anteriormente analizados. Solo difieren en las condiciones de temperatura donde la oleaginosa tiene buenos rindes en regiones con temperaturas entre los 15-25°C.

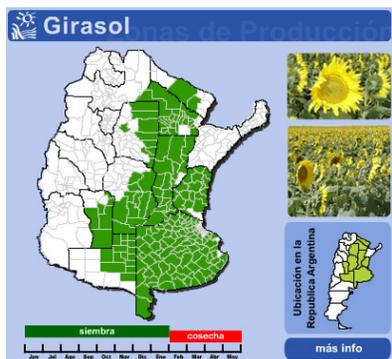


Ilustración 4: Zonas de producción de Girasol. Fuente: Ministerio de Agricultura.

Cebada Cervecera

La cebada no es uno de los principales cultivos de la agricultura argentina, pero su crecimiento en los últimos años como materia prima para la cerveza, hace pensar que, en el futuro, pueda tener una mayor participación en la economía del país.

El cereal se ve como una alternativa para el trigo, cuya comercialización se ha visto afectada en los últimos años por las restricciones a la exportación y el aumento en las retenciones. Lo anterior también se debe al hecho de que la cebada se produce en el mismo período que el trigo, durante los meses de Junio a Agosto mientras que su cosecha se realiza en Noviembre, Diciembre y Enero.

Presentación del Proyecto

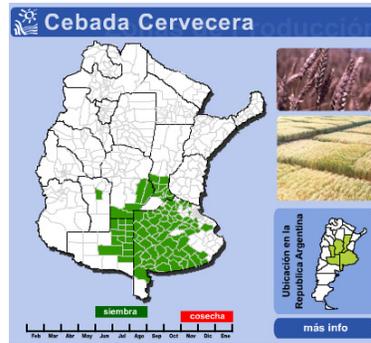


Ilustración 5: Zonas de producción de la Cebada Cervecera. Fuente: Ministerio de Agricultura.

Dentro de las condiciones requeridas para su siembra se destacan temperaturas mínimas de 6°C y un mínimo de humedad para su germinación. Cumpliendo con las necesidades anteriores la planta se adapta a diversas condiciones climáticas y tipos de suelos, lo cual lo hace un cultivo ideal para implementar en las diversas regiones de Argentina.

Los altos requisitos de calidad requerida para los cereales y la poca experiencia que se tiene en la producción de este cultivo por parte de los productores, hacen de su plantación una acción riesgosa. El no cumplir con los estándares de calibre y porcentaje de proteínas, puede generar el rechazo del producto por parte de las compañías cerveceras, lo que obligaría al productor a vender la materia a un precio menor al cotizado.

1.1.2 Rindes

Los rindes por hectárea para los diversos cultivos dependerán de las características de la tierra, ciertos factores climáticos y enfermedades que pudieran atacar a las mismas. Fuera de los factores mencionados, los rindes también estarán ligados a la morfología de las plantas utilizadas. Para Argentina dichos valores fueron obtenidos de los campos modelos en estudio y datos históricos de rindes de la FAO (Food and Agriculture Organization).

Cultivos	Rindes Maximo (Q/Hect)	Rindes Base (Q/Hect)
Soja 1°	50	32
Soja 2°	40	22
Maiz	130	80
Trigo	50	35
Girasol	30	20
Cebada	48	40

Tabla 1: Rindes máximos registrados en Argentina y rindes base tomados para el modelo. Fuente: FAO

La tabla anterior muestra los valores máximos de los rindes para cada cultivo, alcanzados a lo largo de la primera década del siglo XXI. Los datos de la columna que contiene los rindes para el

Presentación del Proyecto

escenario base del modelo, fueron obtenidos mediante un promedio de los rindes para dicha década.

1.1.3 Siembra directa

Luego de esta breve reseña sobre los cultivos que se contemplarán para la producción agrícola, es pertinente mencionar el sistema de producción que se utilizará para los mismos.

La Siembra Directa, es parte de un sistema integral de producción de granos, que evolucionó hasta la implantación del cultivo sin remoción del suelo, y con una cobertura permanente del suelo con residuos de cosecha³.

Uno de los principales problemas a nivel mundial en la producción de granos y pasturas, es la cantidad de agua disponible para los cultivos. Esto se debe generalmente a dificultades en la captación, almacenaje y/o pérdidas por escurrimiento y evaporación del agua. Dicha situación, es provocada por el manejo tradicional de las tierras, que produce la rotura de la estructura del suelo, logrando cada vez menos captación y almacenamiento de agua (al tal punto que sólo es aprovechado el 50% del agua caída como precipitaciones).

La rotura estructural del suelo, ocasiona además, una constante disminución de la materia orgánica del mismo, debido a los constantes trabajos de labranza que se realizan. Dicha materia orgánica es fundamental tanto para el aporte de nutrientes, como para mantener la estabilidad estructural del suelo y favorecer así la dinámica del agua.

La propuesta de la Siembra Directa se centra entonces, en no realizar movimientos importantes del suelo (dejando los rastrojos del cultivo anterior) a modo de evitar la erosión de los suelos.

Los beneficios de la adopción de este sistema, pueden ser medidos en varios aspectos, que en su totalidad conforman un sistema productivo mucho más sustentable en el tiempo:

- Mejora el aprovechamiento del agua.
- Protege contra la erosión (90% menos comparado con la labranza tradicional).
- Mejora el balance de la materia orgánica.
- Disminuye la formación de costras superficiales.
- Aumenta la oportunidad de siembra.
- Permite sembrar donde antes no era posible arar por falta de agua.
- Prolonga el ciclo agrícola.
- Mayor estabilidad en los rendimientos.
- Aumenta significativamente las hectáreas trabajadas por persona.
- Reduce la cantidad de maquinaria utilizada, reduciendo en un 40% el consumo de combustible respecto a la labranza tradicional.

³ INTA, Actualización Técnica N°58 – Febrero 2011

Presentación del Proyecto

1.1.4 Productos ganaderos

Ganadería

Existen distintas fases de la producción ganadera, que corresponden a las diversas etapas de la vida del animal.

La primera es la Cría, etapa centrada en la producción de nuevas vaquillonas y novillos. Tradicionalmente se contaba con un plantel de vacas madres servidas por toros en una proporción de 4 toros por cada 100 vacas. Actualmente se utiliza inseminación artificial para asegurar una mejor genética en las crías, así como también una proporción mayor de preñez y nacimientos. Hay que destacar que la inseminación no elimina totalmente el uso de los toros. Suele ser económicamente rentable inseminar las mejores vacas de las que se espera obtener madres que renueven el rodeo y mejoren la genética del plantel en general, y servir de manera tradicional a las demás.

Este manejo permite mejorar gradualmente la genética de las madres, proporcionando un mayor nivel de parición, a la vez que el de las crías que presentaran un desempeño mejor en la etapa de engorde.



Ilustración 6: Ciclo de vida bovino en la cría

Es recomendable realizar la Cría en pasturas o montes para permitir un mejor desarrollo de las vacas, su servicio y su preñez. La preñez de la vaca dura aproximadamente 280 días, en esta etapa se la tiene en pastoreo. Suele ser crítica la asistencia veterinaria en las épocas de parición y es por esto que se encierra en parcelas más restringidas a las madres durante este periodo. Una vez nacida la cría, esta permanece a pie de la vaca, luego se realiza lo que se llama destete precoz. Al llegar la cría a los 70kg, entre 60 y 90 días se la separa de la madre. En este procedimiento se quita abruptamente el ternero para liberar a las madres de los requerimientos de lactación para mejorar su performance reproductiva, obteniéndose un ratio de preñez más alto y un animal más sano en

Presentación del Proyecto

la próxima parición. De esta manera se puede obtener una parición por año por vaca. Para alimentar los terneros, se reemplaza el aporte nutricional de la leche materna con un suplemento hasta completar la transición del ternero, de lactante a rumiante.

Normalmente se selecciona un grupo de terneras las cuales pasarán por un proceso de recría para poder ser utilizados para reponer las vacas madres que van quedando infértiles (“vacías”) o mueren. De igual manera, se selecciona algunos terneros que servirán de reemplazo para los toros que se hayan perdido.

Las demás crías se convertirán en novillos y vaquillonas que pasarán al ciclo de invernada.

El siguiente ciclo es la Invernada, en este proceso se hace la recría y engorde de los animales para lograr que estos lleguen desde los 180kg a un peso óptimo para ser vendidos de alrededor de los 400kg. Este proceso toma aproximadamente un año.

Tradicionalmente, este ciclo se realizaba con pastoreos en campo naturales o con siembra de forraje. Este es un proceso típico de la ganadería extensiva.

El proceso más eficiente y con el que se obtiene una mayor productividad es con el encierre y alimentación controlada de los animales, lo que comúnmente se conoce como feedlot. En este proceso se confina a los animales en distintos lotes según su etapa de crecimiento. De esta manera se consigue proveerle con una dieta que se ajuste con las necesidades energéticas y de minerales según cada etapa. El alimento que se proporciona consta de tres elementos principales; forraje, cereales y aditivos. La combinación de los alimentos, así como también la sanidad y la genética, son las variables más críticas para obtener una óptima ganancia diaria de peso vivo.

Hay que notar que se paga el animal según cuanta carne es aprovechable del mismo. No es deseable que el animal engorde muy rápido porque puede generar muchos Kg en grasas las cuales no se pagan. Además la genética juega un rol fundamental en cómo se distribuye el alimento consumido entre los distintos tejidos.

El proceso de Invernada resulta mucho más rentable si se utiliza campo propio para el cultivo de cereales para alimentar a los animales encerrados y forraje que puede ser recogido en forma de picado o rollos.

Aunque pueden hacerse la Cría y la Invernada de manera separada, muchas veces se integran ambas actividades en una misma instalación. De esta manera se integra mayor parte de la cadena productiva obteniéndose una mayor rentabilidad.

Un tercer negocio de la ganadería bovina es lo que se conoce como Cabaña. Este es el proceso de la cría de toros de muy buena genética. Estos toros se los suele vender para ser utilizados en el proceso de Cría. Los toros campeones se utilizan para generar las pastillas de inseminación artificial. En general suele mantenerse a los animales en pastoreo para favorecer su desarrollo.

Presentación del Proyecto

1.2 El agro en números

1.2.1 Sector agrícola

Con más de 37 millones de hectáreas⁴ cultivadas en todo el país, los cultivos agrícolas abarcan aproximadamente un 11,9% del territorio nacional.

De todos los cultivos en Argentina, por el volumen de producción, superficie cultivada (29,5 millones de hectáreas) e importancia de las actividades industriales vinculadas, los cereales y oleaginosas son los de mayor importancia en el país.

Entre los cereales, se destaca la producción de trigo (15,7 millones de toneladas para el período 2010-2011) y maíz (23 millones para el mismo período).

En este grupo, es importante mencionar también a la cebada cervecera, tal vez el cultivo que más superficie y volumen ganó en el último año (2,9 millones de toneladas) debido a que las exportaciones de trigo están actualmente paradas, lo que obliga a los productores a vender a un mercado interno con una demanda limitada y a precios más bajos.

Por su parte, dentro de las oleaginosas (de las que se obtienen principalmente aceites), se destaca la producción de soja (48,9 millones de toneladas) y girasol (3,7 millones).

Estos cinco cultivos mencionados, abarcan casi toda el área cultivada en el país, representando cerca del 90% de la misma, es por esto que nuestro modelo considerará entonces, como opciones para el cultivo al trigo, la soja, el maíz, el girasol y la cebada.

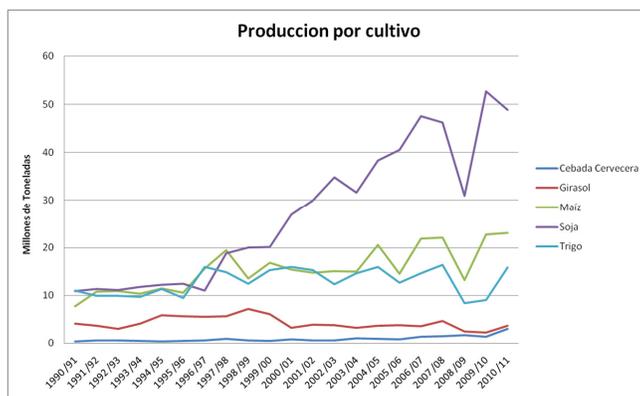


Ilustración 7: Producción histórica por cultivo agrícola.

⁴ Datos de la FAO (Food and Agriculture Organization) para el año 2010

Presentación del Proyecto

Como podemos ver en el gráfico de producción (fig. 7), hay una marcada tendencia al alza en las producciones de soja, maíz, trigo y cebada con una caída en el año 2008. Dicha disminución en la producción se debió a la sequía generalizada que afrontó el territorio nacional.

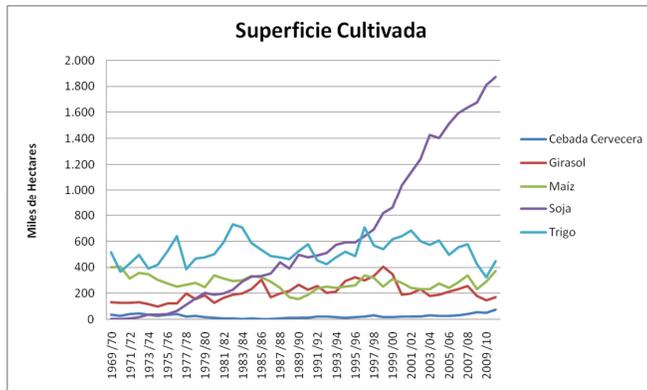


Ilustración 8: Histórico de superficies cultivadas por actividad (ver anexo).

Por otro lado, analizando el gráfico de superficie cultivada por cultivo (fig. 8), notamos que el trigo y el girasol están en un punto más bajo que su media histórica. Es importante remarcar el caso del trigo que, como se mencionó anteriormente, está perdiendo terreno frente a la cebada como el cultivo que se utiliza para alternar con la soja.

1.2.2 Sector ganadero

La ganadería bobina es una de las actividades más tradicionales de la Argentina. Actualmente, el país es el tercer productor de carne en términos de importancia a nivel mundial. Existe una tendencia histórica que muestra que la mayor parte de la producción de carne es destinada al consumo interno, y es de esperar que esto continúe así. De cualquier manera el incremento en la producción conllevaría un aumento en el saldo exportable.

Presentación del Proyecto

La distribución de la producción de carne entre el mercado interno y el externo

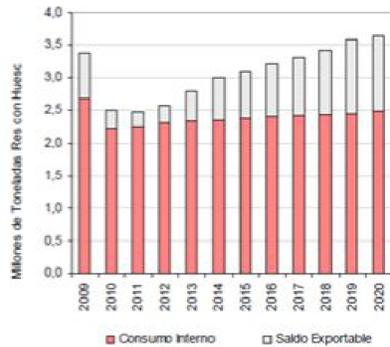


Ilustración 9: Distribución de la producción de carne. Fuente: IERAL de Fundación Mediterránea sobre la base de datos del SENASA, IPCVA y MINAGRI.

En nuestro país existió un stock de bovinos de 47,6 millones de cabezas en el año 2011. En ese mismo periodo se faenaron aproximadamente 12 millones de cabezas. El nivel es bajo para la media histórica, pero se espera una recuperación tanto del stock como de la faena.

Un escenario posible de evolución de las existencias ganaderas y flujos de faena (2009-2020)

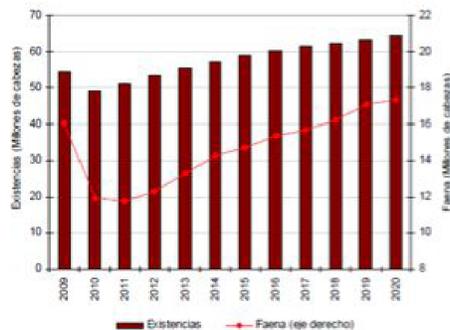


Ilustración 10: Proyección de existencias ganaderas y flujos de faena. Fuente: IERAL de Fundación Mediterránea sobre la base de datos del SENASA, IPCVA y MINAGRI.

La Argentina tiene uno de los ratios más altos de consumo de carne per cápita, 53 kg/(Habitante. Año). De cualquier manera este ratio ha bajado en los últimos años. Esto se debe básicamente a que el número de cabezas de ganado y la cantidad de estos faenados por año se ha mantenido aproximadamente constante en los últimos cincuenta años, mientras que la población a aumentado a un ritmo considerable.

Presentación del Proyecto



Ilustración 11: Evolución del stock bovino per cápita en Argentina.

Se espera que esta tendencia se mantenga hasta llegar a aproximadamente 1 cabeza bovina per cápita en los próximos 20 años.

Otro cambio a destacar es que, en los últimos años, desde el 2009, el precio del animal en pie, y conjuntamente el de la carne de consumo, han presentado un aumento significativo. Es de esperar que este precio siga a la inflación en gran medida.

Como se puede apreciar en los siguientes gráficos, los niveles de precio de la carne de consumo han aumentado consistentemente con la disminución del stock de ganado en los últimos años.

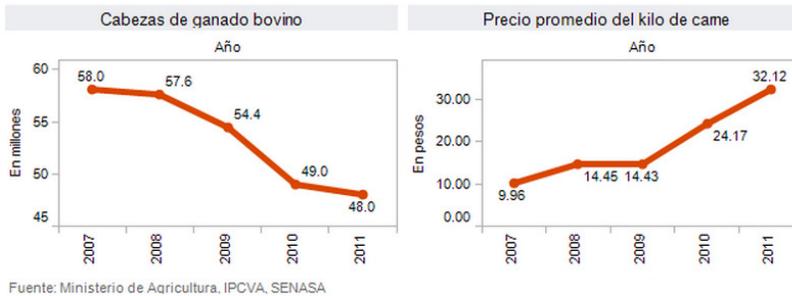


Ilustración 12: Históricos de cabezas de ganado bovino y precio promedio del kilo de carne.

Esta disminución de cabezas de ganado es una consecuencia directa del cierre de la mayoría de las exportaciones de carne. En el 2010 se exportaron menos de 300.000kg de carne, mientras que en 2005 se exportaban cerca de 750.000kg.

Presentación del Proyecto

Este escenario es de alta complejidad. De cualquier manera el precio interno hace del mercado ganadero bastante atractivo.

Se podría esperar una reapertura de las exportaciones debido a dos causas principales: por un lado, el precio interno ha llegado a equipararse a los precios internacionales y, por el otro, el sostenido conflicto con los trabajadores del gran número de frigoríficos que han cerrado (más del 20% de los frigoríficos en funcionamiento en el año 2008), quienes buscan una reapertura para reanudar su actividad.

	Argentina			
	2008	2009	2010	2011Dic
Total de Plantas	615	622	626	626
Plantas activas	509	490	483	398
Plantas exportadoras	0	0	0	0
Plantas senasa	188	190	189	180
Permiso sanitario	0	0	0	0
Ciclo Completo	0	0	0	0
Ciclo I	0	0	0	0
Desposte	0	0	0	0
Tipificación	0	0	0	0
Matadero Frigorífico	386	388	393	393
Matadero Municipal	158	161	161	161
Matadero Rural (c/usuarios)	3	3	3	3
Matadero Rural (s/usuarios)	68	69	69	69
Cabezas	14763422	16153125	11945408	10799954

Elaborado por el [SIA](#) y la Dirección de Análisis Económico Pecuario a partir de datos de la Dirección de Control de Gestión Comercial

Ilustración 13: Evolución de la producción de frigoríficos en Argentina.

1.3 Análisis de precios

En el siguiente apartado, se realizará un breve análisis sobre una primera aproximación a los precios de los productos analizados.

1.3.1 Precios de los cultivos

Desde la incorporación de China a la Organización Mundial del Comercio en diciembre del 2001, los precios de los productos agrícolas estuvieron en alza, con su mayor tasa de crecimiento a partir de principios del 2006.

Dicho crecimiento, se vió interrumpido por la crisis agraria del 2008, provocada por la decisión del gobierno de incrementar las retenciones a las exportaciones de soja y girasol, y establecer un sistema móvil para estas.

Presentación del Proyecto

Podemos observar que una vez finalizado el conflicto (casi 130 días después) los precios continuaron su marcada tendencia a la suba.

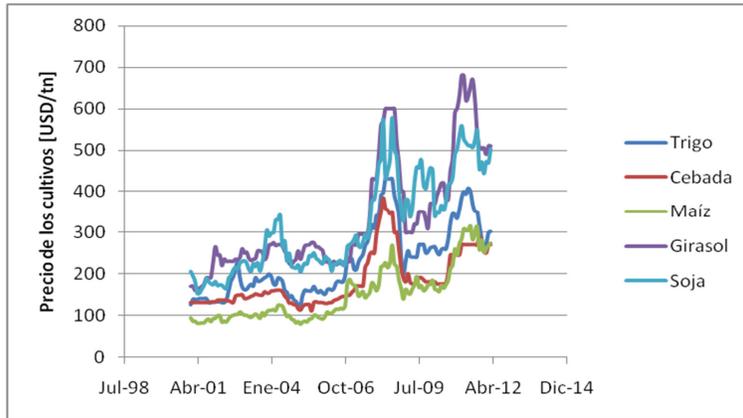
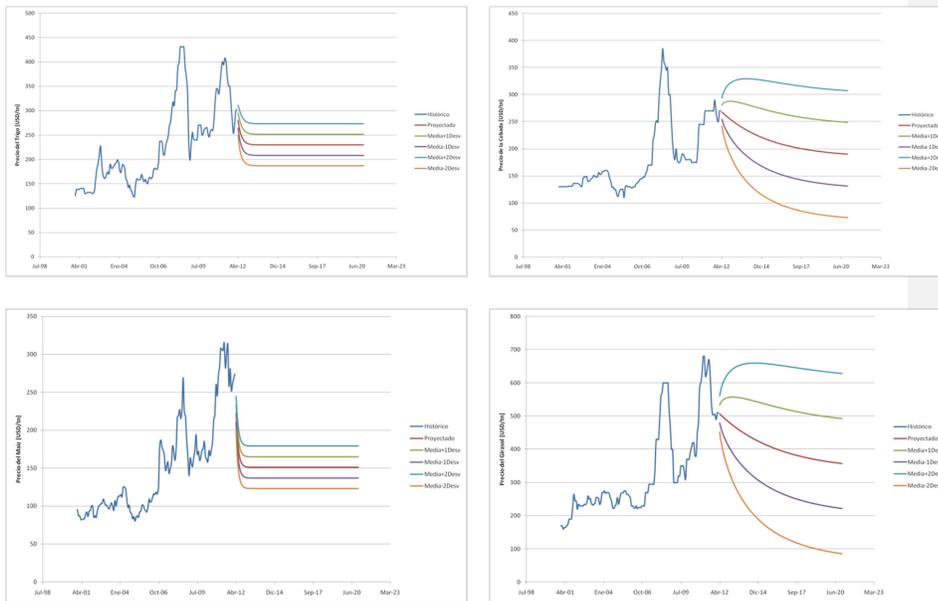


Ilustración 14: Precios FOB históricos de los cultivos agrícolas. Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Los cultivos analizados no son otra cosa que commodities, por lo que se decidió en una primera instancia, como método de proyección, lo que se conoce como Mean Reversion, que arrojó los siguientes resultados:



Presentación del Proyecto

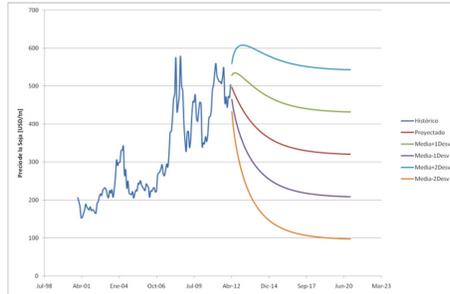


Ilustración 15: Proyecciones de precios para los cultivos analizados, según Mean Reversion.

Podemos ver con estos gráficos, que aunque es uno de los métodos recomendados para proyectar el precio de un commodity (en tanto los mismos suelen oscilar en torno a una media), Mean Reversion no es el camino a seguir a la hora de proyectar el precio de un commodity en alza.

Este método hace que el precio tienda hacia su media histórica, induciendo a un error muy marcado en los casos del trigo y el maíz, cuyos precios tuvieron el crecimiento más alto en el período analizado.

En lugar de atarnos entonces, a un análisis de regresión (sea simple o múltiple, según corresponda) para cada uno de los cultivos, optaremos entonces por definir los precios en base a las proyecciones de la Bolsa de Chicago, sobre las cuales volveremos más adelante.

1.3.2 Precio del animal en pie

Actualmente, existe una fuerte incertidumbre sobre la evolución de los precios del animal vivo. La baja en el stock ganadero y el cierre de las exportaciones, puján, uno al alza y otro hacia la baja del precio.

De cualquier manera, como se puede observar en el siguiente gráfico, en los últimos años se ha presentado un incremento del valor del animal vivo:

Presentación del Proyecto

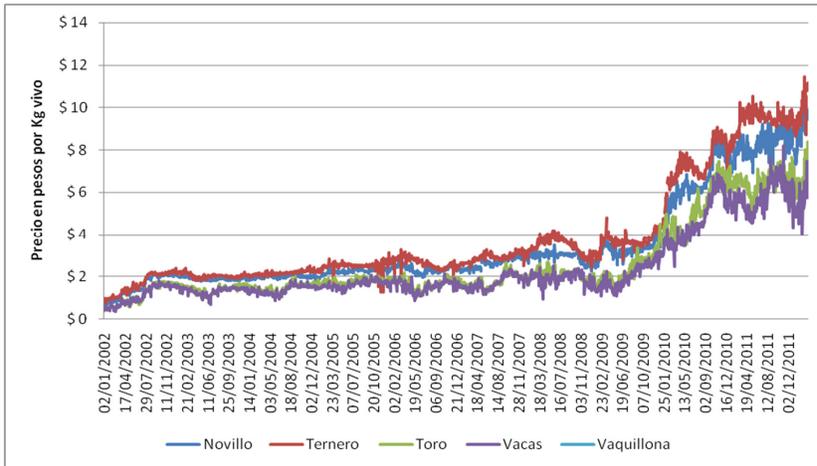


Ilustración 16: Evolución histórica del precio del ganado en pie según sus categorías. Fuente: <http://www.siaa.gov.ar/index.php/series-por-tema/ganaderia>

Sería de esperar, que esta tendencia al alza no siguiera constantemente y que se restauraran valores promedios de mercado. Se calculo este proceso a través de una proyección de Mean Reversion en la que se quito la inflación y se calculo el valor del novillo en pie en pesos constantes de 2002, obteniendo los siguientes resultados para el novillo:

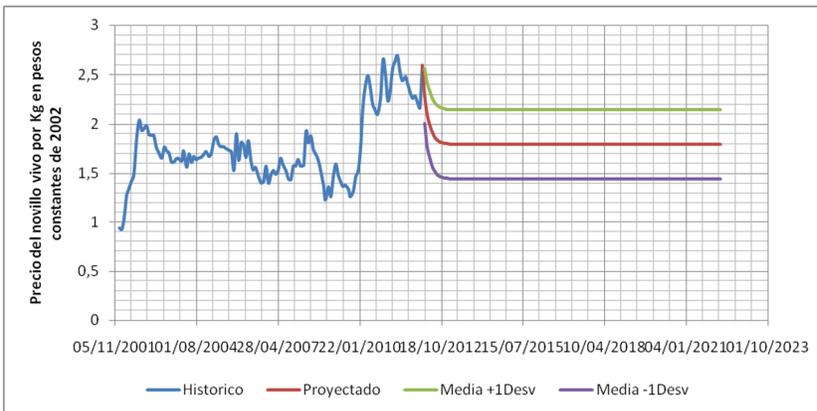


Ilustración 17: Proyección del precio del novillo vivo según el modelo Mean Reversion.

Presentación del Proyecto

De cualquier manera la desviación estándar resulto lo bastante alta para esperar cierta volatilidad. Además el precio real del ganado en pie dependerá en gran medida de la inflación. Sería de esperar una gran volatilidad en el precio del novillo en los próximos años.

Este mismo análisis es válido para vacas, toros, terneros y vaquillonas, el comportamiento de los precios de estos es prácticamente paralelo al del novillo.

Por su parte, la faena total de animales por mes se mantuvo aproximadamente constante en los últimos 30 años. Esto permite proyectar con mucha certeza que los animales faenados en el país se encontrarán en esos mismos órdenes, aproximadamente 1,1 Millones de cabezas al mes.

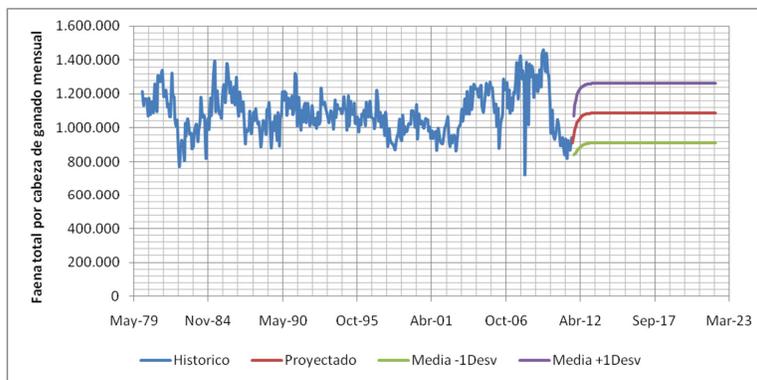


Ilustración 18: Proyección de la faena total por cabeza de ganado, según el modelo de mean reversion.

Sabiendo esto, es de esperarse una demanda bastante precisa para el mercado total de la carne en los 3 años que se analizaran. Históricamente las faenas fueron aproximadamente un 25% de las existencias de ganado, lo que marca el ritmo de reposición de animales.

1.4 Análisis de la Demanda

1.4.1 Proyecto Agrícola

Para la estimación de la demanda es importante tener en cuenta que la Argentina es un país que excede en producción a su consumo. Por este motivo, el excedente de producción se exporta a otros países en la mayoría de los casos. Se relevó entonces la cantidad consumida internamente por la Argentina a fin de comprender el tamaño del mercado local.

Presentación del Proyecto

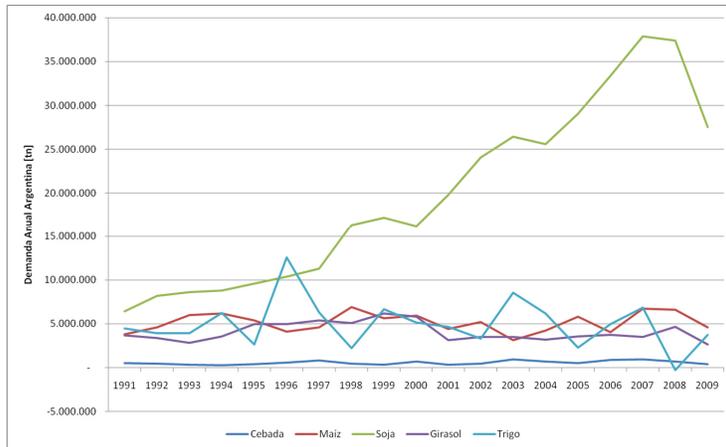


Ilustración 19: Histórico de demanda anual de cultivos en Argentina (ver anexo).

Como puede observarse, en el año 2009, la demanda de varios de los productos cae, debido en gran parte, a la menor producción. A su vez, esta es una consecuencia de la baja de precios que trajo la crisis mundial en dicho año.

Una ventaja que poseen los productores en la Argentina es el desfasaje a nivel mundial de la producción. Es claro que la mayor parte de los países productores de alimentos se encuentran en el hemisferio norte. Esto provoca que, durante los meses contemplados en el análisis del proyecto, la demanda sea superior a la oferta.

Por el lado de los agricultores, muchas veces, la decisión de qué producir está determinada por el precio del producto. Este será un importante factor a la hora de analizar la producción de la competencia local.

Es destacable que la producción de alimentos a nivel global excede vastamente la de la Argentina. Sin embargo, se llevó a cabo el relevamiento de las producciones de todos los países del mundo (según datos de la Food and Alimentation Organization) para poder tener una idea del papel que representa la Argentina en el mercado mundial para estos productos. Además, se analizó cuales fueron los mercados que más importaron estos productos alimenticios seleccionados, a fin de poder considerarlos como posibles destinos para la producción.

A continuación se muestran las importaciones de los primeros diez países que adquieren los productos analizados en cantidad. Teniendo en cuenta las demandas históricas, se puede realizar la estimación de la demanda a la que se podrá apuntar.

Presentación del Proyecto

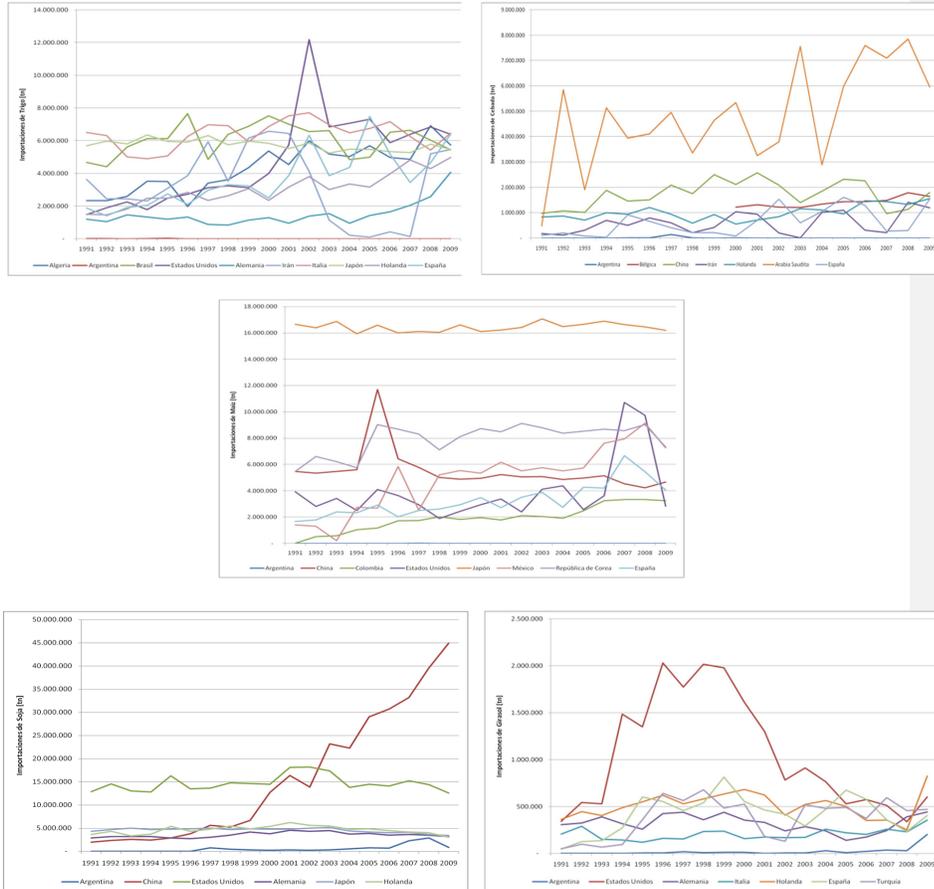


Ilustración 20: Evolución histórica de importaciones de cultivos para sus mayores productores.

Todos los datos fueron extraídos de la página de FAO y como puede observarse, muchos países se repiten en el listado de las principales demandas de varios de los productos, como por ejemplo: Japón, Alemania, China y Brasil. Estos mercados deben evaluarse teniendo en cuenta el precio y calidad de los alimentos que consumen a fin de poder establecer cuáles de ellos pueden significar una ventaja por parte de la producción que se analizará. El hecho de que todos los productos sean commodities permite en un principio, mayores diferencias entre las calidades por lo que se tomarán todos los países como igualmente válidos.

Los valores de la Argentina fueron agregados a modo de referencia y no son representativos en ninguno de los casos, confirmando el hecho de que en el mercado interno hay escasa competencia de productos provenientes de otros países. Esto es lógico si se considera la política restrictiva de importaciones de la Argentina.

Presentación del Proyecto

Como puede verse, todas la demandas son estables a lo largo del tiempo, excepto por la soja que tuvo un gran crecimiento por la fuerte demanda de China sobre este producto en la última década. Es esperable que la demanda continúe creciendo lentamente a lo largo de la próxima década continuando con la tendencia actual.

1.4.2 Proyecto Ganadero

Para estimar la demanda del proyecto de ganadería se buscaron al igual que para los productos agrícolas, los principales diez importadores de ganado, tanto faenado como por cabeza. A continuación se pueden observar estos datos en la gráfica.

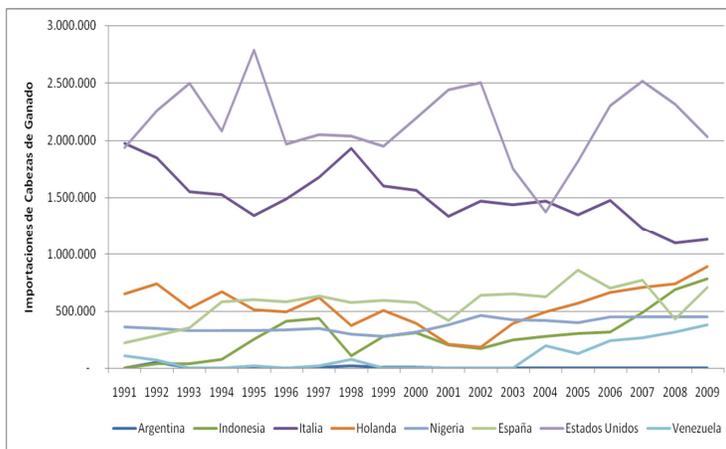


Ilustración 21: Histórico de importaciones de cabezas de ganado en el mundo.

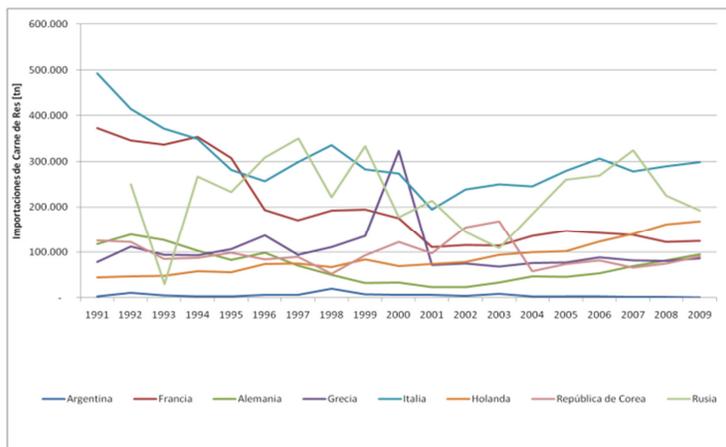


Ilustración 22: Histórico de importaciones de carne de res en el mundo.

Presentación del Proyecto

Estos datos permitirán analizar cuáles serán mercados estratégicos a tener en cuenta para la exportación, en caso de que se crea conveniente.

Por otro lado, el mercado interno de la Argentina cuenta con un stock de cabezas de ganado que ronda las 50 millones. Actualmente se destinan en su mayoría a consumo interno debido a las dificultades que encuentran los productores a la hora de exportar.

Esto, seguramente influirá en la estrategia a tomar para planear tanto la cantidad a producir como el margen obtenido por el ganado en caso de verse imposibilitada su exportación.

De cualquier forma, el mercado de exportación es más reducido que para los productos agrícolas mientras que el interno cobra más relevancia.

1.5 Elección del modelo

Como se explicó con anterioridad, el objetivo del presente trabajo es el de desarrollar un modelo matemático que permita, a un inversor del agro, tomar decisiones lo más acertadas posibles a la hora de definir su curso de acción.

El desarrollo del mismo se basará entonces, en las dos primeras fases de lo que se conoce como un estudio de investigación de operaciones:

1. Definición del problema de interés y recolección de datos relevantes.
2. Formulación de un modelo matemático que represente el problema.

1.5.1 Definición del problema de interés

En tanto hablemos de un modelo que pretende ayudar a un inversor a tomar las mejores decisiones posibles a lo largo de un proyecto, se entiende como “mejores decisiones” a aquellas que le brinden un mayor beneficio económico o retorno de la inversión.

Este objetivo se determinará para un plazo de tres años, de modo que se disponga de la flexibilidad necesaria para considerar actividades que no se traduzcan de inmediato en ganancias.

1.5.2 Formulación del modelo matemático

Una vez definido el problema de interés, hay que formularlo de manera eficiente para su análisis. Esto, en investigación de operaciones, se hace generalmente a través de un modelo matemático que representa el problema.

El modelo matemático de un problema de esta índole, estará conformado por un sistema de ecuaciones y relaciones que describan la esencia del problema. En el mismo, hay que definir ciertas variables de decisión, para las cuales habrá que determinar sus valores respectivos. En consecuencia, el beneficio del inversor estará expresado como una función matemática de estas variables de decisión, y esto es lo que se conoce como función objetivo.

Presentación del Proyecto

Se considerarán como variables de decisión para el presente proyecto, los lotes destinados a cada una de las distintas posibilidades planteadas anteriormente para el productor: plantación de soja, trigo, girasol, cebada, maíz, cría o engorde.

Dicha función deberá contemplar tanto los precios de venta de cada uno de los productos, obtenidos en los apartados anteriores por tonelada, pero recalculados según el rinde de cada producto (por hectárea). Otros de los factores fundamentales a considerar, al determinar la función objetivo serán los costos fijos y variables para cada una de las actividades.

Se consideraran también factores que no son tan evidentes a primera vista, como los rindes del suelo, y su efecto sobre la producción por hectárea, o el efecto de cada uno de los cultivos sobre el rinde del suelo para el próximo ciclo.

Se expresarán en términos matemáticos, todas las limitaciones que se puedan imponer sobre los valores de las variables de decisión, las mismas se suelen expresar en forma de ecuaciones o desigualdades.

Estas expresiones reciben el nombre de restricciones, y los coeficientes que, en cada una de ellas, están asociados a las variables de decisión se denominan parámetros.

Dichas limitaciones incluirán el capital con el que se cuenta para invertir, los semestres del año en los cuales se pueden realizar las distintas actividades, la rotación de cultivos, etc. Es por eso que para determinar los parámetros necesarios para el modelo, se realizó una primera recopilación de datos para alimentarlo. Por estas consideraciones, se adoptará lo que se conoce como modelo de programación lineal, en el cual, las funciones matemáticas que aparecen tanto en la función objetivo como en las restricciones lineales, son funciones lineales.

1.5.3 Implementación

A modo de poder sostener este modelo en el tiempo, con variables tan cambiantes como lo son los precios de venta o los costos de producción, se propone el siguiente diagrama de bloques para el proyecto:

Presentación del Proyecto



Ilustración 23: Esquema del modelo de simulación de datos.

1.5.4 Análisis complementarios

Aún cuando en los procesos relacionados con investigación de operaciones se busca una solución óptima, se incluirá un análisis de riesgos que permita determinar, una vez planteada la elección, cual es la probabilidad de que realmente se obtenga el resultado pretendido. Se tendrán en cuenta la variabilidad que presenta el contexto argentino, tanto por factores políticos como climáticos.

Para esto, se plantearán escenarios específicos tal y como se hace en los trabajos de investigación de operaciones hoy en día.

Capítulo 2: Determinación de los datos necesarios

Luego de una presentación inicial del proyecto y una definición del contexto agropecuario, el presente apartado se encargará de presentar al modelo, definiendo las variables del mismo, y obteniendo todos aquellos coeficientes necesarios para la ejecución del PL.

2.1 Inversión Inicial

El modelo de programación lineal decidirá entre la inversión en distintas explotaciones agrícolas y ganaderas. Se comparará, de esta manera la mejor estrategia partiendo de un capital inicial.

Se tomará como inversión inicial para el modelo 500.000 U\$. Este valor, aunque arbitrario, es lo suficientemente representativo para el tipo de negocios analizados.

Las explotaciones que considerará el modelo serán de tres tipos: agrícola, ganadera de cría y ganadera de engorde. Los costos que se deben absorber hasta obtener las primeras ventas, o sea el capital que requiere inmovilizar cada una de las explotaciones, estarán ligeramente por debajo de los 500.000 U\$. El modelo considera hasta un máximo de dos explotaciones de cada tipo. Esto le provee flexibilidad tanto para los distintos tipos de cultivos agrícolas, como con la escalabilidad de las inversiones ganaderas.

Las dos explotaciones agrícolas consideradas son de 575ha y se ubican en la región norte de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Los rindes productivos y los costos de alquiler para estos campos destinados a agricultura se consideran iguales.

Los campos ganaderos, tanto de engorde como de cría, están ubicados en la zona que conforma el Oeste y Sur de Buenos Aires y la provincia de La Pampa. Los campos de cría considerados serán de 2500ha, en gran parte de monte, destinada principalmente al pastoreo. El de engorde consistirá de 300ha, la gran parte de estas ha se utilizan para producir el alimento para los animales a engordar.

2.2 Proyección de los precios

Teniendo en cuenta lo analizado respecto a precios utilizando el modelo de mean reversion se procedió a relevar el estado del mercado de futuros para los productos que analizamos. Como principal referencia se utilizaron los contratos del CME (Chicago Mercantile Exchange) reconocido como una de los más grandes mercados de futuros del mundo en lo que a agricultura se refiere.

Es importante destacar que las cotizaciones de precios futuros alcanzan hasta un máximo de tres años aunque en su mayoría no superan el año. Es por esto que este tipo de información será de utilidad para la toma de decisiones tácticas más no estratégicas.

Estos datos serán tenidos en cuenta para la elaboración de los coeficientes tecnológicos de la modelización para asignar los recursos del proyecto.

← Con formato: Título 2

Determinación de los Datos Necesarios

A continuación se muestran las proyecciones de los precios de los contratos futuros en dólares. Tanto las condiciones de estos contratos como los valores calculados de precios pueden observarse en el anexo. Se utilizó un grafico de dispersión ya que los contratos futuros son para fechas específicas de entrega. Aparte, el precio del ganado vivo debe analizarse teniendo en cuenta el eje secundario del grafico.

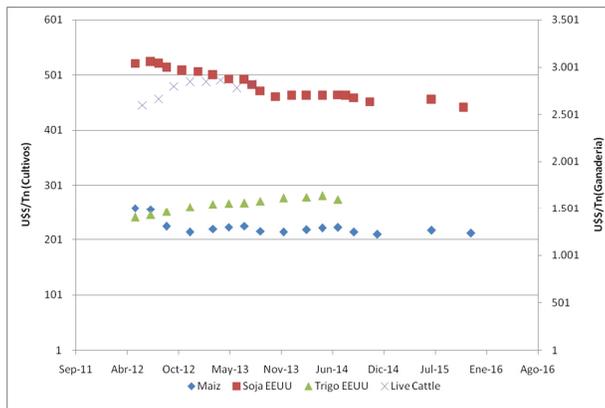


Ilustración 24: Proyecciones de precios del CME. Fuente: Chicago Mercantile Exchange (ver anexo).

Como puede observarse, si bien en algunos casos hay algún tipo de bajas en el precio, la mayoría de los valores de los precios, no caen con la misma velocidad que según lo estimado con el método de mean reversion.

Así mismo, se analizaron los precios de los productos contemplados en el proyecto según los valores de la NCDEX (National Commodity and Derivatives Exchange) de India. La misma brinda información y cotizaciones de diversos granos. De igual modo, estos datos y especificaciones contractuales pueden verse en el anexo.

Determinación de los Datos Necesarios

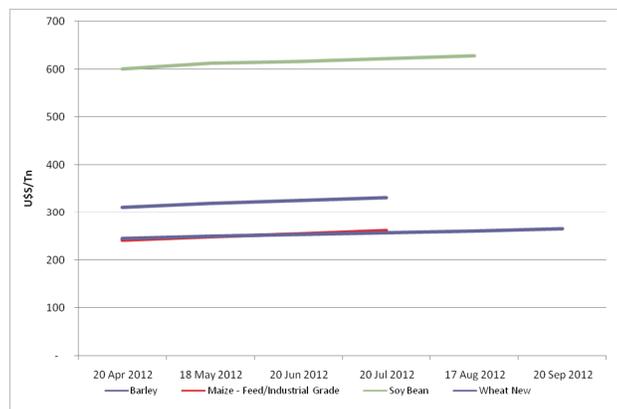


Ilustración 25: Proyección de precios del NCDEX (ver anexo).

Es importante remarcar que estos precios variaran en el tiempo y se vuelven más precisos al acercarse su fecha de entrega. Es relevante también, tener en cuenta estos precios a corto plazo para el cálculo de los márgenes de cada producto.

2.2.1 Retenciones

Debido a que las proyecciones anteriormente explicadas fueron realizadas en base a los datos del Chicago Mercantile Exchange, estos no serán los valores reales a los cuales se comercializarán los granos en Argentina. Para poder obtener dichos valores será necesario afectar las proyecciones por los montos de retención estipulados por el gobierno.

En la tabla presentada a continuación se encuentran especificados los porcentajes de retención para los cinco cultivos en estudio.

Cultivos	Retenciones
Soja	35%
Maíz	24%
Trigo	27,10%
Girasol	39%
Cebada	20%

Tabla 2: Retenciones aplicadas a los cultivos. Fuente: www.argentinamunicipal.com.ar

Los montos presentados anteriormente se mantendrán constantes a lo largo de los tres años de estudio. Lo anterior principalmente se debe a que las retenciones y sus modificaciones se deben a decisiones políticas, las cuales exceden el análisis de este trabajo y por ende su proyección.

Determinación de los Datos Necesarios

2.3 Costos Agrícolas

Los costos agropecuarios se pueden diferenciar en costos fijos y variables. Entre los primeros, se encuentra el conjunto de inversiones necesarias para adquirir los bienes requeridos para el inicio de la actividad. Dentro de estos, se pueden mencionar los costos en instalaciones (silos, galpones, etc.), maquinaria (tractores, cosechadoras, fumigadoras, etc.) y el alquiler de la tierra.

Por otra parte, los costos variables están comprendidos por todos aquellos gastos cuya variación es sensible a la cantidad de hectáreas labradas o a las toneladas de granos obtenidas. A continuación se procederá a explicar en detalle cada uno de ellos y su importancia para el proyecto.

2.3.1 Costos fijos

Para el presente proyecto, la inversión en activos fijos se considera despreciable. Esto se debe principalmente a que, la adquisición de silos, tractores y cosechadoras, implican el desembolso de una gran cantidad de dinero, lo cual no es justificable para proyectos donde la utilización de la maquinaria sea inferior a 300 horas anuales.

En los gráficos presentados a continuación se pueden observar la evolución de los costos para equipos de siembra:

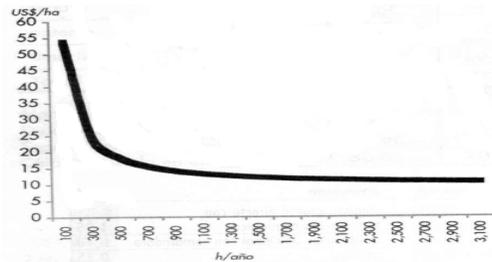


Ilustración 26: Costo de los equipos de siembra según cantidad de hectáreas labradas por año. Fuente: Revista Agromercado N° 323-Marzo 2012

Entre las 500 a 1200 horas de uso se observa una importante reducción de los costos, esto se debe, principalmente, a la dilución de los montos en mayores horas de trabajo. El mismo comportamiento se puede observar para los equipos de pulverización:

Con formato: Título 2

Con formato: No conservar con el siguiente

Determinación de los Datos Necesarios

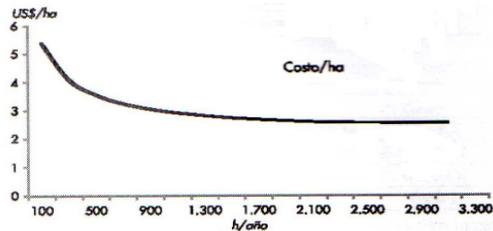


Ilustración 27: Costo de los equipos de pulverización según cantidad de hectáreas labradas por año. Fuente: Revista Agromercado N° 323-Marzo 2012

Es por todo esto, que para realizar las actividades para la cuales se requieren dichos equipos, se optará por la contratación de terceros. Esto implicará que los costos se convertirán en variables ya que los mismos serán cotizados en dólares por hectárea.

Con formato: Normal, Justificado

Alquiler

Los contratos de arrendamiento agrícolas constituyen un caso de análisis particular dentro de los costos fijos, en tanto estos se determinan en base al rinde del campo. El valor de dichos contratos de alquiler, es generalmente calculado en base al rinde de la cosecha de soja (en quintales por hectáreas). En Argentina los montos varían entre los 12 a 16 quintales anuales.

Aunque podríamos decir, en base a lo señalado en el párrafo anterior, que el alquiler constituye un costo variable en tanto depende del rinde. Su monto (en quintales de soja) se tomará como fijo a lo largo del proyecto.

Los contratos se realizan por periodos de tres años con posibilidad de renovación por dos años más. La principal causa de esto se debe a la recuperación de la inversión, la cual se considera de 2 a 3 años (como consecuencia de la necesidad de rotación de cultivos, de no existir las mismas el periodo de recuperación podría ser menor). Esto genera que el valor de alquiler en quintales, se mantenga fijo durante la vigencia del acuerdo de explotación.

2.3.2 Costos Variables

Los costos variables se dividen en dos grandes áreas: servicios y gastos por insumos, considerados gastos operativos de producción y transporte como un costo de comercialización. La primera categoría consta de las actividades requeridas para asegurar una correcta siembra, crecimiento y cosecha de los cultivos. Entre éstas se destacan la siembra, la fertilización, la pulverización o fumigación y la cosecha.

La segunda sección abarca la totalidad de los costos incurridos en material para asegurar la calidad de la tierra y el cultivo.

Servicios

Siembra: La siembra se compone de todas las acciones necesarias para plantar las semillas en el suelo con finalidad de cosechar sus frutos una vez que estos estén maduros. En el sector agropecuario dicho trabajo se hace mediante máquinas especiales llamadas

Con formato: Título 4

Determinación de los Datos Necesarios

sembradoras la cuales, utilizando discos de metal y gracias al accionar de un tractor, crean surcos en la tierra, en los cuales se han de diseminar las semillas.



Ilustración 28: Sembradoras

Fumigación o pulverización: La distribución de los productos químicos utilizados en el agro puede realizarse por medios aéreos o terrestres, dicho modo dependerá tanto de las características del campo como del análisis de los beneficios que conlleva cada uno.

Los medios aéreos son preferidos sobre los terrestres debido a que su implementación no requiere el pisar el cultivo lo que permite conservar la plantación intacta. Sus desventajas, por otro lado, se determinan en base a factores como la ubicación, el clima y los elevados costos. En lo que refiere a la ubicación, la necesidad de pistas de despegue próximas al campo genera un limitante a su rango de acción. En cuanto al clima, los factores climáticos como el viento son fundamentales al momento de su selección, debido a que los aviones tienen un mínimo de altura de vuelo (por seguridad) lo que reduce su efectividad en la dispersión a la vez que la misma se ve afectada por la dirección y fuerza de las corrientes de aire. Por último cabe destacar que los costos operativos son superiores a los de los medios terrestres.



Ilustración 29: Máquina fumigadora terrestre.

Los medios de fumigación terrestre, como el que se muestran en la foto superior, constan de tractores de rodado angosto que, mediante aspersores distribuyen lo químicos. La ventaja de este método sobre el aéreo se encuentra en su mayor rango de acción, su efectividad en la dispersión por mayor proximidad con el suelo y menores costos operativos. La desventaja recae en la necesidad de pisar el cultivo para su implementación, lo cual genera daños por aplastamiento del

Determinación de los Datos Necesarios

mismo. Se estima que por causa de la fumigación terrestre se puede perder un 1% del cultivo.

Debido a que el estudio de factibilidad se centra en un análisis genérico del sector argentino, se optó por el medio de fumigación terrestre. De esta forma no existirán limitantes de accesibilidad al servicio por rango de acción.

Cosecha: La cosecha es la última actividad realizada en el campo, la misma consiste en la recolección de los granos una vez que estos hayan madurado. Dicha acción se realiza mediante equipos sumamente complejos llamados cosechadoras, los cuales mediante sus diversos mecanismos de corte, trillado y limpieza extraen el producto final. El mecanismo de corte es el encargado de extirpar la planta del suelo para su posterior procesamiento dentro del equipo. El cabezal de corte utilizado en el equipo, varía dependiendo el cultivo que se esté cosechando. La sección de trillado se encarga de seccionar la vaina para separar los granos; y por último el mecanismo de limpieza separa los granos de otras partículas indeseadas mediante el accionar de un ventilador de aire.



Ilustración 30: Máquinas cosechadoras

Con formato: Párrafo de lista, Centrado

Es importante señalar que, de los servicios descritos hasta el momento, el de cosecha es el único que no tiene un costo por hectárea prefijado. El mismo variará dependiendo de los quintales obtenidos por hectárea. Su valor es estipulado por la Federación Argentina de Contratistas de Maquinaria Agrícola (FACMA) que se encarga de elaborar informes trimestrales sobre las variaciones en el servicio.⁵

Insumos

Los insumos utilizados en la agricultura se dividen en cuatro categorías: fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas. A continuación se explicará brevemente cada uno de los diversos productos químicos utilizados para los cultivos en estudio.

Con formato: Título 4

Con formato: Normal, Justificado

⁵ Para mayor referencia dirigirse al anexo "Tabla Costos Servicio de Cosecha".

Determinación de los Datos Necesarios

Fertilizantes: El fertilizante es una mezcla que puede ser química u orgánica, utilizada en los suelos para asegurar un nivel estable de minerales y nutrientes requeridos para el buen crecimiento de las plantas. En los cultivos en estudio los principales productos utilizados son el superfosfato simple (SFS) y la urea granulada. Dichos productos aportan a los suelos suplementos de calcio, fósforo, nitrógeno y azufre. Su aplicación se realiza antes de la siembra o durante el proceso de la misma. Las dosis de aplicación dependerán principalmente de las características de los suelos y el cultivo.

Insecticidas: La función del insecticida es la de eliminar las amenazas de insectos y plagas en los cultivos. Su aplicación se requiere más de una vez durante el ciclo de crecimiento de la planta, esto dependerá de la cantidad de insectos que se registran sobre los cultivos y de sus características. En situaciones normales durante el ciclo de germinación se llegan a necesitar de dos a tres aplicaciones. Los productos utilizados son: Cipemetrina, Coragen, químicos para el control de chinches y orugas, y detametrina. Estas sustancias, atacan plagas tales como las hormigas, orugas y chinches.

Herbicidas: Los herbicidas son el principal producto utilizado para combatir la aparición de yerbas indeseadas. Generalmente en los cultivos se realizan de dos a tres aplicaciones, aunque la cantidad dependerá de la frecuencia con la que se generen plantas indeseadas y del tiempo que se deje el suelo en reposo sin cultivos. Su primera aplicación se realiza durante la preparación del terreno para la nueva siembra con la aplicación del barbecho. El barbecho es el nombre comúnmente dado al conjunto de productos químicos utilizados en la tierra como preparación de la misma para la siembra. El mismo consiste principalmente en herbicidas tales como Roundup full (cuyo principal componente es el glifosato) y Metsulfuron, aunque su composición variará dependiendo del cultivo y de las condiciones de la tierra. Otros productos químicos utilizados son el 24D80%, el Roundup Max, el Glifosato y la Atrazina.

Fungicidas: Los fungicidas son sustancias químicas utilizadas para prevenir el crecimiento de hongos y mohos en las plantas. Al igual que en el caso de los insecticidas, la aplicación del producto se realiza con frecuencia sobre los cultivos, dependiendo de las enfermedades que deban combatirse. Su aplicación se puede hacer tanto sobre la semilla como sobre las hojas de la planta, lo cual dependerá del momento de su aplicación. Los principales productos utilizados son el Super Fosfato Simple (SFS), Sol Mix y el Fosfato Diamónico (PDA).

Transporte

La tercera categoría de costos variables, se refiere al servicio de transporte de los granos desde el campo hasta el lugar de comercialización. En la actualidad el cálculo de esta tarifa es realizado por CATAC (Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas). Dicha tarifa se divide en dos categorías basadas en toneladas transportadas y km recorridos. La primera categoría es la de fletes largos, la misma se basa en el transporte de granos hasta los puertos de destino. La segunda categoría es la de fletes cortos la cual consiste en distancias cortas hasta empresas compradoras

Con formato: Normal, Justificado, Sangría: Izquierda: 1,25 cm

Determinación de los Datos Necesarios

de granos. En el caso de estudio debido a que la comercialización del producto se realizara próxima a su cosecha los destinos serán las empresas cercanas por ende para el proyecto en estudio se consideraran fletes cortos. La tarifa considerada fue de 21 u\$ por tonelada.

2.3.3 Análisis de costo por cultivo

A continuación se presentará una breve descripción de la distribución de los costos por cultivos. Una breve reseña sobre los montos de inversión requeridos por hectárea y sobre los principales elementos que componen los costos.

Soja de 1^{ra}

La soja es uno de los cultivos con menor inversión por hectárea, lo que sumado a los altos precios de cotización, lo convierten en uno de los cultivos preferenciales en el cual invertir. En Argentina, sus costos de inversión por hectárea, son de aproximadamente 265,5 U\$. Su distribución se puede ver expresada en el cuadro presentado a continuación:

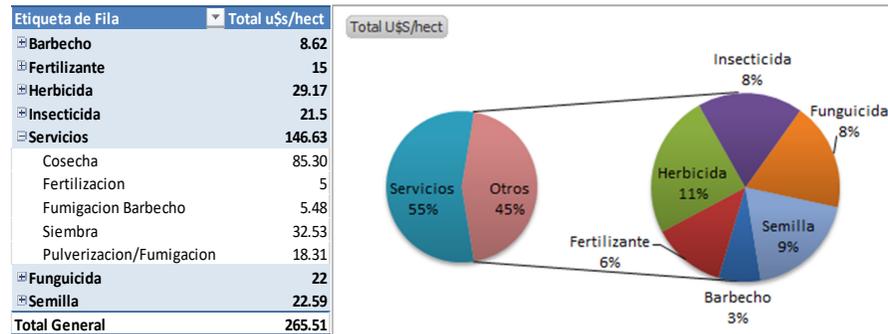


Ilustración 31: Distribución de costos de la Soja de primera (ver anexo).

Del gráfico anterior, se puede observar que le mayor parte de los costos se encuentra distribuida en los servicios, representando el 55% de la totalidad de la inversion. Por otra parte, los gastos en insumos solo abarcan el 45%.

Dentro de los costos en material, se destacan los gastos en lo referente a control de plagas, enfermedades y hierbas, los cuales presentan los gastos mas representativos. Esto se justifica considerando la frecuencia con la que diversos insectos, hongos y otros facotres atacan a las plantas. Se considera que durante la germinación de la soja, la planta se enfrenta entre tres y cuatro veces a problemas de estas características⁶.

Soja de 2^{da}

En el caso de la soja de 2^{da} las inversiones son menores que en el caso anterior. Esto se debe a que la soja de primera se siembra y cosecha en etapas posteriores a la de segunda, lo que genera que dicho cultivo se pueda sincronizar con la siembra de trigo. Esto implica menores inversiones en

⁶ Datos obtenidos de entrevista con el Ingeniero Agrónomo Ariel Chiotti.

Determinación de los Datos Necesarios

fertilizantes. Además, un menor lapso de germinación hace que el promedio de enfermedades y plagas que pueden atacar al cultivo sea menor. Como consecuencia directa de lo dicho anteriormente, los gastos por hectárea rondan los 229 U\$S.

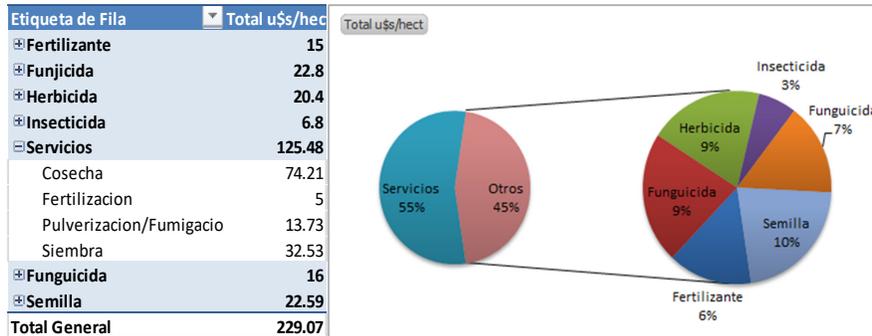


Ilustración 32: Distribución de costos de la Soja de segunda (ver anexo).

Se puede observar que la distribución de los gastos se asemeja a lo visto anteriormente en la soja de 1^{ra}, esto es correcto en tanto se trata de cultivos idénticos, pero plantados en diferentes fechas a causa de sus diferentes periodos de germinación.

Maíz

A diferencia de la soja, el maíz es uno de los cultivos con mayores gastos operativos. En promedio por hectárea se deben invertir 464 U\$S. Esto se debe, en parte, a los altos costos que representa la compra de las semillas. La bolsa de 50 Kg esta cotizada en 135 U\$S y se requiere aproximadamente una bolsa por hectárea. A esto también se le suman la inversiones en fertilizantes, la cuales representan un 22% de la inversión total y los gastos en servicios que rondan los 171,5 U\$S por hectárea (representando un 37%).

Con formato: Título 4

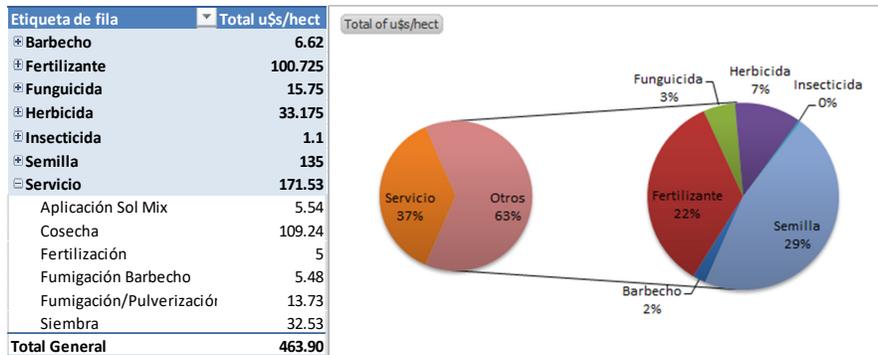


Ilustración 33: Distribución de los costos del cultivo de Maíz (ver anexo).

Determinación de los Datos Necesarios

Trigo

El trigo es otro de los cultivos que presentan elevados gastos en insumos y servicios. Para la explotación del mismo se requiere invertir aproximadamente 346 U\$S por hectárea.

Los mayores gastos se centran en la necesidad de diversos servicios, los cuales representan un 40% del total. Por el lado de los insumos los mayores gastos se encuentran en fertilizantes con 64,26 U\$S por hectárea (un 36% de los gastos totales). Esto se debe principalmente, a la alta demanda de nutrientes por parte del trigo. Por lo que se utilizan 84 kg de Fosfato Diamonico por hectárea. Otro gasto importante se encuentra en la compra de semillas cuya cotización durante el presente año, es de 22 U\$S por bolsa de 50 kg.

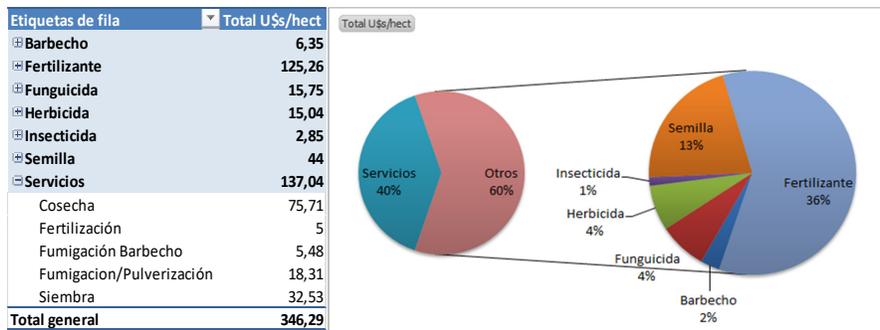


Ilustración 34: Distribución de los costos del cultivo de Trigo (ver anexo).

Girasol

Las inversiones requeridas para este tipo de cultivos, son de aproximadamente 290 u\$S por hectárea. Esto principalmente se debe a los elevados costos de los servicios, los cuales representan un 43%. Otro gasto destacable se encuentra en los herbicidas, los cuales abarcan un 22% del total. El alto gasto en esta categoría se debe a los valores de dos de los tres productos químicos utilizados: la graminicida cotizada en 73,7 u\$S/litro y el Twin Pack de 18,75 u\$S/litro.

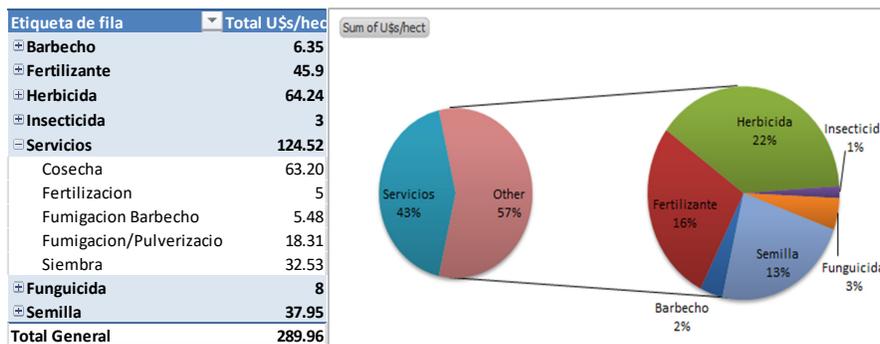


Ilustración 35: Distribución de los costos del cultivo de Girasol (ver anexo).

Determinación de los Datos Necesarios

Cebada

La inversión en cebada se asemeja a la necesaria para la soja de 1^{ra}. Esto principalmente se debe a los gastos en servicios lo cuales representan el 54% del total. En los insumos, se destacan los gastos en fertilizantes (23%) y semillas (10%). La baja inversión en fungicidas e insecticidas se debe a la buena resistencia que tiene la planta para resistir el ataque de hongos y la baja frecuencia con la que la misma es atacada por las diversas plagas.

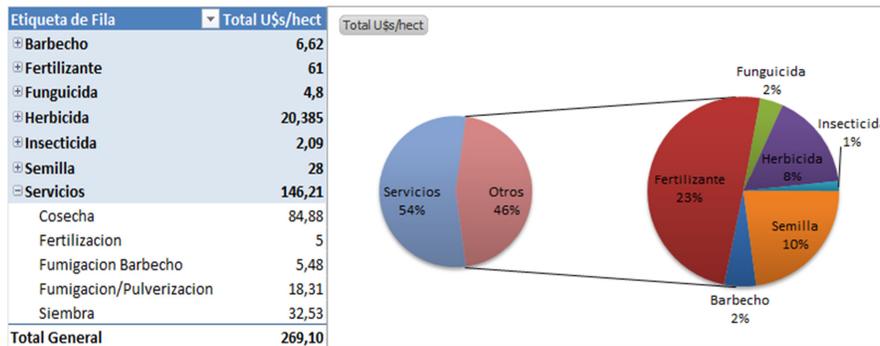


Ilustración 36: Distribución de los costos del cultivo de Cebada (ver anexo).

2.4 Proyección de los costos agrícolas

Los costos para los años 2013, 2014 y 2015 se proyectaron en base a los estudiados para el año en curso. Además, se estudió la evolución en los últimos diez años, de los principales productos y materiales comprendidos en las categorías de servicios e insumos necesarios para la producción agrícola. Dentro de los mismos se analizó la evolución anual (porcentual) para la Atrazina, el Fosfato Diamónico, el Glifosato, el Gasoil y el Misil, los cuales representan el 72% de los costos operativos totales. Una vez obtenidos dichos incrementos porcentuales, se realizó una ponderación de la influencia de los diversos costos sobre la inversión total por hectárea, para finalmente obtener el aumento porcentual de los costos totales por año.

En los casos de la Atrazina y el gasoil, la evolución de los costos durante el período abarcado entre 1991 y 2011 presenta una tendencia general de decrecimiento para la primera, y de crecimiento para el gasoil. En el caso de la Atrazina el decrecimiento es del 2,33% anual, mientras que el gasoil crece en promedio un 4,53% por año.

Determinación de los Datos Necesarios

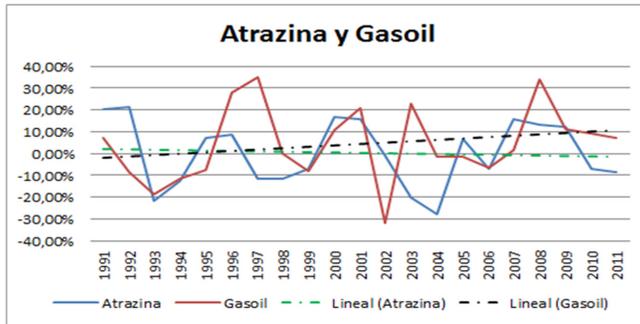


Ilustración 37: Datos históricos obtenidos de la revista Agro Mercado N° 322 y 323 (Febrero y Marzo)

En el Misil la tendencia generalizada fue de una disminución del precio en 2,92% por año. Mientras que el Fosfato Diamonico tuvo un alza en su valor del 11,07% anual.

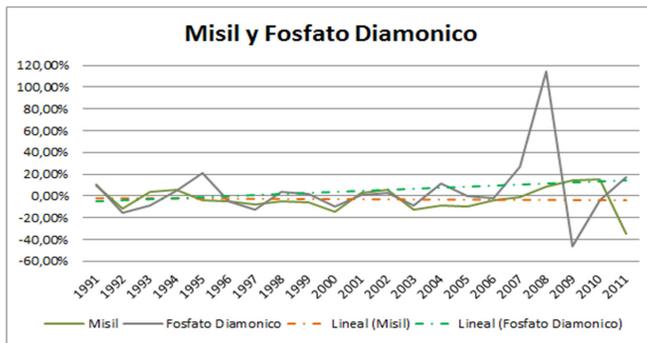


Ilustración 38: Datos históricos obtenidos de la revista Agro Mercado N° 322 y 323 (Febrero y Marzo)

Determinación de los Datos Necesarios

El glifosato, por su parte, presenta una leve tendencia incremental en sus precios, a lo largo de los diez años de estudio. Dicho aumento es aproximadamente del 0,05% anual, y se debe al aumento de la demanda del herbicida para combatir las diversas plagas que afectan a los principales cultivos del país.

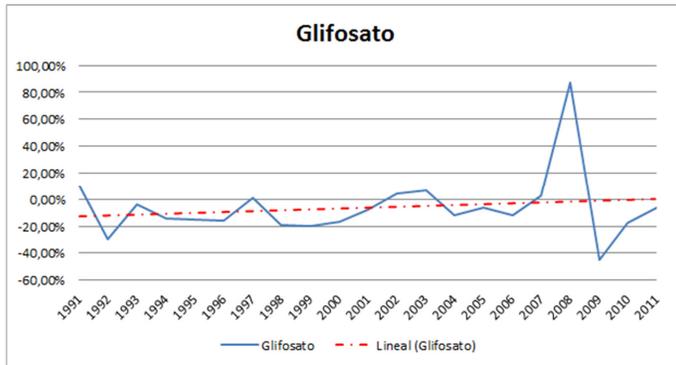


Ilustración 39: Datos históricos obtenidos de la revista Agro Mercado N° 322 y 323 (Febrero y Marzo).

Mediante la lectura del análisis de los cinco productos descritos anteriormente, se llegó a la conclusión de que los costos por hectárea sufren un aumento del 4,12% anual. A continuación se presenta la proyección de los costos de los cultivos del proyecto para lotes de 575 hectáreas.

Cultivos	2012				2013				2014				2015			
	Costo variable	Alquiler	Transp orte	Total	Costo variable	Alquiler	Transp orte	Total	Costo variable	Alquiler	Transp orte	Total	Costo variable	Alquiler	Transp orte	Total
Soja 1°	266	219	68,8	553,4	276	206	71,9	554,4	288	195	75,2	558,1	300	190	78,6	567,9
Soja 2°	229	219	47,3	495,4	239	206	49,5	494,0	248	195	51,7	495,1	259	190	54,0	502,2
Maiz	464	219	172,0	855,0	483	206	179,8	868,9	503	195	188,0	886,0	524	190	196,5	909,8
Trigo	346	219	75,3	640,6	361	206	78,7	645,3	375	195	82,2	652,7	391	190	86,0	666,5
Grirasol	290	219	43,0	552,0	302	206	45,0	552,9	314	195	47,0	556,4	327	190	49,1	566,1
Cebada	184	219	86,0	489,3	192	206	89,9	487,8	200	195	94,0	488,8	208	190	98,2	495,8

Ilustración 40: Proyección de los costos agrícolas u\$/hect

Podemos observar que, con el correr del tiempo, los costos totales decaen como consecuencia directa de una disminución en los costos de alquiler. Es importante señalar, que esta disminución se debe a que los mismos están ligados fuertemente al precio de la soja, el cual decae según sus proyecciones.

Determinación de los Datos Necesarios

2.5 Coeficientes agrícolas para el modelo

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes utilizados para cada lote y cada semestre utilizados en el modelo:

		Semestre					
		1	2	3	4	5	6
Soja 1°	Alquiler	125.952	118.483	118.483	112.167	112.167	109.054
	Margen	289.484	252.837	252.837	220.262	220.262	199.582
	Costo	318.188	318.798	318.798	320.901	320.901	326.562
Soja 2°	Margen	132.903	108.940	108.940	87.371	87.371	72.932
	Costo	284.872	284.059	284.059	284.679	284.679	288.792
Maiz	Margen	325.109	253.851	253.851	236.493	236.493	213.360
	Costo	491.620	499.616	499.616	509.421	509.421	523.112
Trigo	Margen	- 9.169	17.689	17.689	25.717	25.717	40.639
	Costo	368.347	371.038	371.038	375.308	375.308	383.226
Girasol	Margen	33.200	50.214	50.214	66.617	66.617	80.391
	Costo	317.409	317.926	317.926	319.930	319.930	325.484
Cebada	Margen	300.191	324.319	324.319	347.943	347.943	369.039
	Costo	281.340	280.473	280.473	281.041	281.041	285.105

Tabla 3: Coeficientes de las actividades agrícolas utilizados en el modelo.

2.6 Estructura Económica de la Producción Ganadera

La estructura de costos de una explotación ganadera resulta compleja por contar esta con un producto vivo que puede ser comercializado en diversas etapas de su vida. A esta complejidad se suma el hecho de que las hembras que se producen, son consideradas tanto un producto final, como un medio de producción o materia prima en sí.

La finalidad de este análisis es la de obtener los coeficientes de costos necesarios para plasmarlos en el modelo de Programación Lineal que se utilizará. Para esto se dividirán los costos en dos etapas, una de Cría y otra de Invernada y Producción de Alimentos.

Los costos se basarán en una explotación con 600 madres que producen aproximadamente 500 crías al año. La mayoría de estas crías son engordadas y vendidas para consumo, mientras que otra parte permanece como reposición. (Nota: Explotación El Paraíso y MonMapú)

2.6.1 Raza

La raza en la que se basan estos costos es en la producción de crías "Careta", raza muy solicitada en el mercado por su buena velocidad de engorde. Se destina tanto al consumo interno como a la exportación. Esta raza es una cruce entre madres Aberdeen Angus con toros Hereford.

Las características de baja heredabilidad, como fertilidad, habilidad materna y supervivencia, manifestarían mayores niveles de vigor híbrido con respecto a características de alta heredabilidad como las relacionadas con producción y características raciales. De este modo, la etapa productiva

Determinación de los Datos Necesarios

de cría obtendría los mayores beneficios del cruzamiento, traduciéndose en niveles superiores de rentabilidad en la empresa.

Los terneros Careta manifiestan superioridad genética en características como supervivencia, peso al nacimiento, tasa de crecimiento predestete y peso al destete. Al realizarse un diagnóstico del sistema productivo, tomando estos rasgos en conjunto, se alcanzarían valores superiores de peso total (kg) de ternero destetado por vientre en servicio.



Ilustración 41: Vacas Aberdeen Angus.



Ilustración 42: Toros Hereford.

Determinación de los Datos Necesarios



Ilustración 43: Terneros Hereford y Careta.

2.6.2 Coeficientes para el modelo

Con este análisis económico se llega a los valores de las constantes en Inversión Inicial, Costos Operativos y Precios de Ventas por semestre. Estas constantes se utilizarán en el modelo de programación lineal que se desarrolla más adelante. Se dividió el negocio de cría e internada y pasturas para permitir que el modelo simule la posibilidad de realizar uno u otro negocio independientemente.

El modelo requiere que se proyecte por 6 semestres para poder correr el programa por un periodo de tres años. En cada caso se detalla el criterio con el que se calcularon las constantes, así como también el criterio con el que fueron proyectadas.

En el análisis económico se presentan valores en pesos de 2012. En cambio, las constantes del modelo necesitan ser en dólares para permitir una más directa comparación con los precios internacionales de los commodities⁷.

Con la serie histórica del Banco Central de la República Argentina se calculó la tendencia del dólar para poder proyectarla. Se obtuvo la siguiente proyección:

⁷ Datos del dólar de la página de PG&A Proyecciones Económicas
<http://www.greaves.com.ar/noticias/val/52242/el-futuro-del-dolar.html>

Determinación de los Datos Necesarios

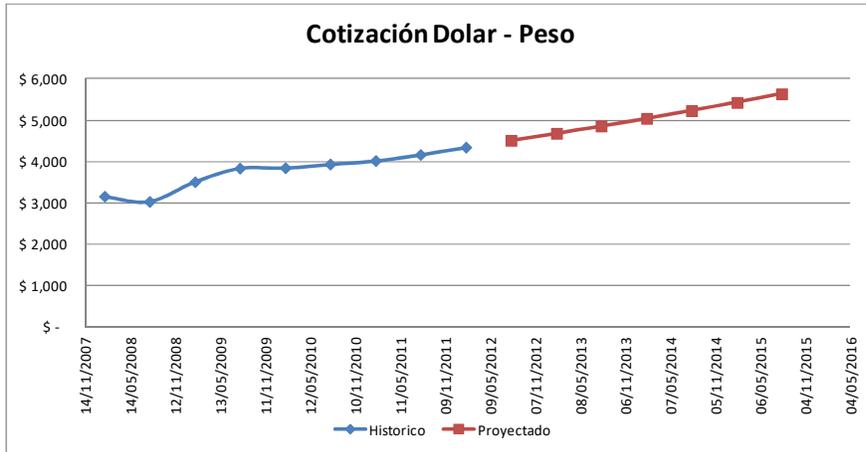


Ilustración 44: Proyección de la cotización del dólar.

Esta tendencia al alza moderada es el comportamiento esperado del dólar a mediano plazo siguiendo el proceso de devaluación paulatina de los últimos años.

La otra variable de gran peso para esta actividad es el valor de la carne. Este valor se encuentra determinado por el precio que se paga por el animal en pie. Se tomo el valor del ternero por resultar este representativo, las demás categorías de bovinos acompañan el valor del novillo. Con una serie histórica se proyecto la tendencia en la evolución de este precio.

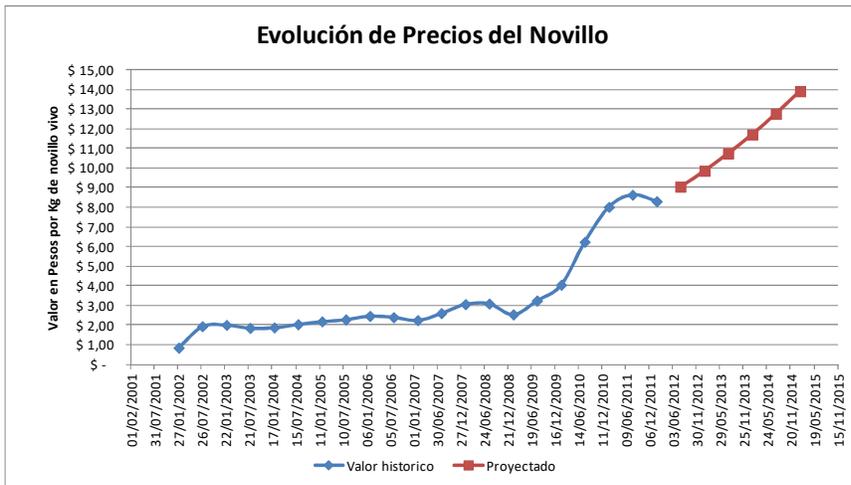


Ilustración 45: Proyección de los precios del novillo.

Determinación de los Datos Necesarios

Esta tendencia alcista en pesos se condice con los valores esperados para el animal en pie⁸, y sigue la inflación en pesos local. Estos valores se usaron para proyectar el valor de compra de animales, el de venta y el costo de los alquileres (los contratos son en kg de novillo de arrendamiento).

Cría

La inversión para esta producción es en animales. Se deben adquirir vacas y toros que permiten la producción de aproximadamente un ternero por año.

Cantidad		Precio	Total
540	madres	\$2.000	\$ 1.080.000
60	madres viejas	\$ 1.500	\$ 90.000
30	Toros	\$ 10.000	\$300.000
Inv total Animales			\$1.470.000

Tabla 4: Inversión en animales para el proceso de cría.

La gestación de los terneros es de 9 meses y se sirve a la vaca por 3 meses más. Se realiza un destete precoz para acelerar la recuperación de las madres. Las vacas que se encuentren secas luego del primer servicio reciben un segundo servicio de tres meses, esto aumenta significativamente la preñez. Las que sigan secas luego de la segunda tanda de servicios son vendidas para consumo. De la misma manera se descartan los toros que llegan a una edad avanzada o no presentan buen estado de salud.

Para mantener la producción se destinan partes de las crías para reemplazar las madres vendidas. Para el reemplazo de los toros se compran en cabañas animales con buena genética.

15	% de madres	90	(de las crías)	
10	% de toros	3	\$ 10.000	\$ 30.000

Tabla 5: Reposición anual de madres.

Con las técnicas de destete precoz y repaso de servicio, se obtiene aproximadamente el 85% de parición sobre el total de madres. Esta es una proporción que se mantiene constante en todos los años de producción de las explotaciones estudiadas, tanto en años buenos como en periodos de sequías. De esta producción se sacan las madres de reemplazo.

	Crías		Producción
Hembras	255	Menos Reposición	165
Machos	255		255

⁸ Artículo de expectativa del valor de la carne; <http://www.lanacion.com.ar/1398889-importante-suba-del-valor-del-novillo>

Determinación de los Datos Necesarios

Asociado con esta producción hay una serie de gastos semi fijos. Estos dependen parcialmente del volumen de producción, pero no pueden modificarse de un año a otro con la variación de la producción.

Empleado	\$	58.500
MO Destete	\$	8.000
Alimento Destete	\$	24.000
Veterinario	\$	36.000
Sanidad	\$	16.500
GasOil	\$	4.800
Siembras	\$	42.000
AmortMaq Siembra	\$	14.293
Rollos/Embolsado	\$	15.000
Imprevistos	\$	30.000
TOTAL / año	\$	261.093

Tabla 6: Gastos anuales de producción.

Se tiene en cuenta el empleado que mantiene el funcionamiento del campo y el rodeo. Aparte se detallan los trabajos del destete precoz (aproximadamente cuatro meses) y el costo de veterinaria. Todos estos costos son íntegramente referidos a la mano de obra y serán proyectados con el índice de mano de obra.

Los gastos de sanidad, siembra y alimentación de destete presentan un precio dolarizado, con lo que serán proyectados junto con la cotización del dólar.

También se debe considerar los gastos de transportes de los animales cuando son vendidos. Los terneros no van directamente a consumo, si no que son destinados a otros establecimientos para su engorde o servir como madres. El costo del viaje es de aproximadamente \$5000 por viaje dentro de la zona pampeana, la cantidad de cabezas que se pueden transportar por viaje son cerca de 60.

Costo por viaje	\$	5.000
Cabezas por trans		60
Viajes Anuales		7
Costo transporte	\$	35.000

Tabla 7: Costos anuales de transporte.

Por otro lado el costo de alquiler se valúa en kilogramos de novillo de arrendamiento, con lo que se espera que este costo aumente a la par del precio de venta del animal en pie. Alquiler por 2500 hectáreas a 10 kilogramos de novillo de arrendamiento por hectárea por año. El costo de este novillo de arrendamiento es de \$9,61.

Determinación de los Datos Necesarios

Alquiler de la tierra \$ 240.250

Tabla 8: Monto del alquiler de la tierra por año.

El resultado al que llegaríamos con el proceso de cría únicamente sería el siguiente:

Ventas	Ternereros	\$	247.500
	Ternereros	\$	382.500
	Vacas Viejas	\$	135.000
Costos			
	Semi Fijos	\$	261.093
	Alquiler	\$	240.250
	Reposición	\$	30.000
Utilidad			
	Ut. Bruta	\$	233.657
	% sobre ventas		37,09%

Tabla 9: Esquema de ventas y costos para el proceso de cría.

Estos costos para una explotación con 600 madres es traspoleable a explotaciones de mayor o menor tamaño. Se utilizara de esta manera para la generación del modelo.

Coefficientes para el modelo de cría

Las constantes en dólares que se armaron para el modelo de programación lineal tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Precios del ganado en pie evolucionando como el precio del novillo (Ver arriba). Aumento con la inflación en pesos, y presenta un leve aumento en dólares.
- En consecuencia, se puede esperar una suba en el valor de venta en dólares. Seguido del aumento del costo de alquiler y de reposición, relacionados con el precio del ganado.
- Los otros insumos y el costo en mano de obra se suponen constantes en dólares. Esto es de esperarse por varios insumos importados y una actualización de sueldos acorde al dólar.
- La inversión inicial en animales se recupera luego de los tres años, por el aumento del valor de los animales el recupero, en términos nominales, es mayor que la inversión inicial.

Las constantes en dólares para los 6 semestres a modelizar serian las siguientes:

		Semestre								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
Cria	Inversión	338242,1								475968,1
	Costo		65470,87	67103,48	68817,75	70617,74	72507,74	74492,26		
	Margen		-65470,9	123084,7	-68817,7	139068,2	-72507,7	156690,3		
	Alquiler		29022,62	30474	31997,96	33598,14	35278,34	37042,56		

Tabla 10: Coeficientes de la actividad de cría utilizados en el modelo.

Determinación de los Datos Necesarios

Invernada

El objetivo de la invernada es engordar los animales para que adquieran el peso óptimo para ser vendidos. Esto se logra en corrales donde se encierra a los animales de a grupos, según su sexo y su etapa de crecimiento para lograr optimizar la alimentación que se les proveerá.

Tanto machos como hembras pasan por dos etapas. Primero por una recría donde se los lleva de los 120kg a los 250 kg para las hembras y 350 kg para los machos. Luego se modifica la dieta para que contenga mayor energía y lograr una terminación, a esto se llama engorde y lleva los animales hasta los 400 kg las hembras y hasta 425 kg para los machos.

Las dietas, determinadas por un veterinario experto en ganado, difieren según la categoría:

Recría			
Ingrediente	Inclusión	\$/Kg.	Costo Relat.
Silaje Sorgo Granífero Medio Grano	74,66%	0,11	0,084
Pellet de Girasol 33 %	9,91%	0,56	0,055
Cebada	14,13%	0,48	0,068
Urea	0,25%	2,8	0,006
Mezcla Mineral Terneros	1,06%	2	0,021
Costo total por kg			0,236

Tabla 11: Dietas para la actividad de recría.

Engorde			
Ingrediente	Inclusión	\$/Kg.	Costo Relat.
Silaje Sorgo Granífero Medio Grano	63,16%	0,11	0,071
Pellet de Girasol 33 %	8,51%	0,56	0,047
Cebada	26,66%	0,48	0,128
Urea	0,52%	2,8	0,014
Mezcla Mineral Terneros	1,15%	2	0,023
Costo total por kg			0,285

Tabla 12: Dietas para la actividad de engorde.

También es importante el consumo diario. Esto es entre 12 y 20 kg diarios, dependiendo del sexo y categoría del animal. Esto determina la dieta que se proporciona.

Para la alimentación hay que tener en cuenta el factor de conversión de los alimentos en kilogramos de carne. Este valor va entre 16 y 20 kg de alimento por kg de carne ganado.

Más adelante, en el título de pasturas, se detallan los costos de producción de la cebada y el sorgo que se producen en el mismo establecimiento donde se hace el engorde por una cuestión logística.

La alimentación solo determina una parte de los costos de la invernada, también hay que tener en cuenta lo que se determina como costo de pensión. En este se computa el costo por el empleado y

Determinación de los Datos Necesarios

veterinario que mantienen el rodeo en encierro; así como también los costos de los corrales, silos, y elementos para la alimentación de los animales. Estos se distribuyen en los animales que se sirven de estas pensiones.

También se tienen en cuenta las amortizaciones de la planta de silos y los equipos que se utilizan para la alimentación. Estos equipos son comprados al principio, pero el costo asociado es solo la amortización de los mismos.

Aunque menor en comparación con los anteriores, es importante el alquiler de la tierra. Se utilizan solo 4 hectáreas a un costo de 30 kg de novillo de arrendamiento por hectárea por año.

Podemos entonces definir los costos anuales con la siguiente estructura:

		Valor	VU	Amort. al año
10X15mts	Galpon	\$ 90.000	20	\$ 4.500
210m2	Platea Hn + Instelect	\$ 15.750	30	\$ 525
	Balanza p/animales	\$ 33.000	20	\$ 1.650
4X	Silos 60tn	\$ 54.000	20	\$ 2.700
1X	Silos 25tn	\$ 9.000	20	\$ 450
2X	Chimango 6mts	\$ 5.400	15	\$ 360
3X	Chimango 9mts	\$ 12.150	15	\$ 810
1X	Chimango 15mts	\$ 9.000	15	\$ 600
1X	Aplastadora 7tn/h	\$ 36.000	15	\$ 2.400
	Mixer Balanza	\$ 50.000	15	\$ 3.333
	Tractor usado	\$ 80.000	15	\$ 5.333
	Minipala cargadora	\$ 104.400	15	\$ 6.960
	TOTAL	\$ 498.700		\$ 29.622
4 ha	Alquiler de tierra			\$ 1.153
	Costos de Pensión			\$ 68.040
	TOTAL ANUAL			\$ 98.815

Tabla 13: Estructura de costos anuales para la invernada.

Este esquema determina un grupo de costos fijos que se tienen en cuenta para la actividad de invernada.

La idea es que los animales entren en estado joven y salgan completos para la venta, esto es con entre 400 y 450 kilogramos.

El precio que se paga por los animales es el precio por kg vivo del mercado de Liniers menos el 11%. Este porcentaje es el que cobra quien realiza la comercialización y transporte.

Determinación de los Datos Necesarios

El valor de venta se forma teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Cantidad	kg	\$/kg	Con transporte
165	400	\$ 10,50	\$ 9,35
255	420	\$ 11,25	\$ 10,01

Tabla 14: Precios de venta.

Con estos datos se arma un estado de resultados que representa el negocio.

Ventas	Hembras	\$	660.000
	Machos	\$	1.071.000
Costos	Terneras	\$	247.500
	Terneros	\$	382.500
	Alimentación	\$	539.496
	Fijos	\$	98.815
Utilidad	Bruto	\$	462.689
	% sobre ventas		26,73%

Tabla 15: Esquema de ventas y costos.

En este caso tenemos en cuenta los costos para alimentar los aproximadamente 450 terneros producidos en la etapa de cría, pero es fácilmente traspolables a otras escalas.

Pasturas

Para la alimentación de los animales en engorde se destinan una buena cantidad de hectáreas para alimentación de los mismos. En ellas se produce tanto sorgo como cebada forrajera. La ventaja de estos dos cultivos es que son uno de verano y otro de invierno, y pueden rotarse entre sí, lo que permite una óptima utilización de los lotes. También presentan la combinación justa de fibra (sorgo) y energía (cebada) que resulta conveniente para el engorde.

Se estudiaron los costos de desarrollar estos cultivos no en tanto detalle como en la sección de agricultura de este trabajo por el simple hecho que no se necesitan tantos insumos y esto se presenta como una actividad complementaria a la cría y engorde que resultan más significativas.

Sorgo p/silaje	Producción	15000	kg/ha
	Implantación	350	\$/ha
	Implantación	0,023333333	\$/kg
		230000	kg/bolson
	Picado + Embolsado	15000	\$/bolson
	Picado + Embolsado	0,065	\$/kg
	Alquiler de medio año	0,0096	\$/kg
	Amortización de Maq	0,00063	\$/kg

Determinación de los Datos Necesarios

TOTAL		\$ 0,098797	\$/kg

Tabla 16: Costos del sorgo para Silaje.

Cebada	Producción	1800	kg/ha
Forrajera	Implantación	350	\$/ha
	Implantación	0,194444444	\$/kg
	Recolección	250	\$/ha
	Recolección	0,138888889	\$/kg
	Alquiler de medio año	0,080091667	\$/kg
	Amortización de Maq	0,005293827	\$/kg
TOTAL		\$ 0,41872	\$/kg

Tabla 17: Costos de la Cebada Forrajera.

De esta manera se llega a un costo por kilogramo de cada uno de estos alimentos con los que se alimentará a los animales en la invernada.

Coeficientes para el Modelo de Engorde

Las constantes en dólares que se armaron para el modelo de programación lineal tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Precios del ganado en pie evolucionando como el precio del novillo (Ver arriba). Aumento con la inflación en pesos, y presenta un leve aumento en dólares.
- En consecuencia, se puede esperar una suba en el valor de venta en dólares. Seguido del aumento del costo de alquiler y de reposición, relacionados con el precio del ganado.
- Los otros insumos y el costo en mano de obra se suponen constantes en dólares. Esto es de esperarse por varios insumos importados y una actualización de sueldos acorde al dólar.
- Los alimentos se mantienen constantes en dólares. De esta manera aumentan gradualmente.
- En este caso la inversión inicial es en forma de equipos e instalaciones. Se asume un valor de recupero de libros al final de los tres años.

Las constantes en dólares para los 6 semestres a modelizar serian las siguientes:

Determinación de los Datos Necesarios

		Semestre							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Engorde	Inversión	114749,2							83243,84
	Costo		275858,2	283477	291476,8	299876,6	308696,6	317957,6	
	Margen		124074,5	136455,8	149456,2	163106,9	177440,1	192490,2	
	Alquiler		24660,15	25893,37	27188,27	28547,92	29975,56	31474,6	

Tabla 18: Coeficientes de la actividad de engorde utilizados en el modelo.

Capítulo 3: Elaboración del modelo de Programación Lineal

3.1 Supuestos de la Programación Lineal⁹

3.1.1 Supuestos de proporcionalidad y de aditividad

La función objetivo para una Programación Lineal (PL) debe ser una función lineal de las variables de decisión. Esto acarrea dos consecuencias:

1. La contribución de la función objetivo para cada variable de decisión, es proporcional al valor de esta.
2. La contribución a la función objetivo para cualquier variable, es independiente de los valores de las otras variables de decisión.

De manera similar, el hecho de que cada restricción de PL deba ser una desigualdad lineal, o una ecuación lineal tiene también, dos consecuencias:

1. La contribución de cada variable al primer miembro de cada restricción, es proporcional al valor de la variable.
2. La contribución de una variable al primer miembro de cada restricción, es independiente de los valores de la variable.

La primera consigna que se da en cada lista, se denomina supuesto de proporcionalidad de la programación lineal. La consecuencia 2 de la primera lista, implica que el valor de la función objetivo es la suma de las contribuciones de cada una de las variables, y la consecuencia 2 de la segunda lista, es que el primer miembro de cada restricción es la suma de las contribuciones de cada variable. Por esta razón, la segunda consecuencia de cada lista se denomina suposición aditiva de la programación lineal.

3.1.2 Programación Entera Binaria

Un problema de Programación Entera, es un PL en el cual se requiere que algunas o todas las variables, sean enteros no negativos. En el caso de que todas las variables deban ser enteros, nos encontramos frente a un problema puro de programación con enteros.

Si además se requiere que todas las variables sean iguales a 0 o a 1, el problema recibe el nombre de Programación Entera Binaria.

3.1.3 Supuesto de certidumbre

Para esta suposición, se requiere conocer con certeza todos los parámetros del modelo (coeficiente de la función objetivo, segundo miembro y coeficientes tecnológicos).

⁹ Winston, W. 2004 Investigación de Operaciones. Editorial Thomson

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

3.1.4 Supuesto de no negatividad

Para las variables auxiliares que se puedan llegar a utilizar en el modelo, determinaremos que las mismas, en tanto no sean binarias, ni enteras, deban ser positivas.

3.1.5 Venta de la totalidad de la producción

Para el cálculo de los márgenes de ganancia, supondremos que el inversor tiene acceso a un mercado tal, que le permita vender todo lo que produzca. Los niveles de producción manejados en el presente trabajo, no son lo suficientemente elevados como para establecer lo contrario. De este modo, no hay necesidad de contemplar casos en los que solo se venda un cierto porcentaje "aleatorio" de lo producido.

3.2 Función Objetivo

En Programación Lineal, definimos como función objetivo a aquella que se quiere maximizar o minimizar. En este caso, la función objetivo será aquella que maximice el beneficio económico, de acuerdo con lo que se produzca en cada lote del campo. En una primera aproximación, estará definida como:

$$\pi = \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^8 M_{ijk} * X_{ijk}$$

Siendo X_{ijk} una variable binaria, que indica si se realiza (1) o no (0), la actividad "i" en el lote "j" en el transcurso del semestre "k". Además, los conjuntos "ijk" quedarán definidos entonces como:

$$i = \{\text{soja } 1^{\circ}, \text{soja } 2^{\circ}, \text{trigo}, \text{maíz}, \text{cebada}, \text{girasol}, \text{cría}, \text{engorde}\}$$

$$j = \{\text{lote } 1, \text{lote } 2, \dots, \text{lote } 6\}$$

$$k = \{\text{semestre } 1, \text{semestre } 2, \dots, \text{semestre } 6\}^{10}.$$

Definimos a M_{ijk} como el beneficio que representa realizar cada actividad "i" en el lote "j" durante el semestre "k". Estos coeficientes de contribución marginal, se calcularán para cada período y cada actividad, como la diferencia entre los precios y los costos proyectados anteriormente (por hectárea), multiplicados por la cantidad de hectáreas del lote.

Ahora bien, los costos introducidos en los coeficientes M_{ijk} solo contemplan los costos variables de cada una de las actividades, pero no consideran los costos fijos que éstas acarrearán, ni el alquiler del campo, en el caso de que sea conveniente realizar el emprendimiento. Es por eso que se debe reformular la función objetivo según:

¹⁰ Los semestres considerados en el proyecto van de marzo a agosto en el caso de los semestres de invierno o impares, y de septiembre a febrero en el caso de los semestres de verano o de numeración par.

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

$$\pi = \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^8 M_{ijk} * X_{ijk} - \sum_{j=1}^6 F_j * \alpha_{j6}$$

En donde las variables α_{j6} , son variables binarias que indican si están (1) o no (0) activos los costos fijos F_j durante el último semestre, relacionados a las inversiones iniciales requeridas para cada lote.

El motivo por el cual utilizamos α_{j6} en la ecuación de costos fijos, es porque como los contratos son de 3 años como máximo, se utilizará como restricción del modelo más adelante que si un lote fue alquilado en algún momento del tiempo, estará alquilado en el último semestre del ejercicio.

Estas variables serán de gran importancia luego, en tanto generarán conjuntos de restricciones por sí mismas.

Vale aclarar, que lo escrito anteriormente es una simplificación, en tanto en el modelo, los costos fijos están diferenciados en costos fijos de adquisición, e ingresos fijos por ventas. Los ingresos por ventas se sumarán si o si (siempre que se haga la inversión inicial) al final del ejercicio de 6 semestres, en tanto se pretende mostrarle al inversor cual sería el resultado de abandonar el proyecto una vez terminado dicho período. Esto, como la mayor parte del modelo, es algo que se puede cambiar si se desea pensar otro escenario.

3.3 Restricciones del modelo

En este apartado, se explicará el desarrollo de todas las ecuaciones que funcionan para delimitar los valores que pueden tomar las variables del modelo.

3.3.1 Realización de una sola actividad en un lote determinado en un período determinado

Aunque parezca evidente, es necesario especificar en el modelo, que solo se puede llevar a cabo una actividad por vez, en cada uno de los lotes. Para lograr esto, necesitaremos del siguiente conjunto de inecuaciones:

$$\sum_{i=1}^8 X_{ijk} \leq 1 \quad \forall(j, k)$$

Esto significa que la sumatoria de cada variable binaria por lote, en un mismo período, está limitada, como máximo, a la elección de una sola actividad. Esto genera un total de 36 inecuaciones para el modelo, una para cada combinación jk .

3.3.2 Restricciones por tipo de actividad (ganadería vs agricultura)

Al haber contemplado características distintas para los lotes, según el tipo de actividad a realizar en el mismo, ya sea agricultura o ganadería, generamos la necesidad de anular, para cada lote, aquellas actividades que no puedan hacerse en los mismos, ya sea por falta de condiciones, o porque sería un desperdicio en cuanto a los rindes.

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

Es por esto, que se determinarán para el modelo, tres tipos de lotes, uno apto para cría, uno para engorde y otro para el resto de los cultivos. A modo de diferenciarlos, diremos que los lotes 1 y 2 serán destinados a cultivos, los lotes 3 y 4 a la actividad de cría y finalmente los lotes 5 y 6 al engorde.

De esta forma, definimos el siguiente conjunto de inecuaciones:

$$X_{ijk} = 0 \quad \forall ijk / i \in (1,2,3,4,5,6), j \in (3,4,5,6)$$

$$X_{7jk} = 0 \quad \forall jk / j \in (1,2,5,6)$$

$$X_{8jk} = 0 \quad \forall jk / j \in (1,2,3,4)$$

3.3.3 Fechas de realización de cada cultivo

En la introducción del presente trabajo, se habló de la estacionalidad de cada uno de los cultivos involucrados en el proyecto. Es por esto, que hay que introducir para cada cultivo, sea de verano o de invierno, un conjunto de restricciones que impida que se haga en la temporada opuesta:

$$X_{ijk} = 0 \quad \forall ijk / i \in (1,2,4,6,8), k \in (1,3,5)$$

$$X_{ijk} = 0 \quad \forall ijk / i \in (3,5), k \in (2,4,6)$$

En el caso de los cultivos de verano (soja 1°, soja 2°, maíz y girasol) la restricción aplicará para los semestres impares. Mientras que para los cultivos de invierno (trigo y cebada), la restricción se tomará para los semestres pares.

3.3.4 Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es fundamental para poder preservar los rindes del suelo casi constantes a lo largo de todo el emprendimiento. Si no se repiten los cultivos para un mismo lote en años sucesivos, el desgaste del suelo y de los nutrientes necesarios para las plantas es prácticamente insignificante para los rindes de cada lote.

Por ese motivo, se tomará como medida de rotación, no repetir un mismo cultivo en un mismo lote para años consecutivos, llegando entonces a las siguientes restricciones:

$$X_{ijk} + X_{ij(k+2)} \leq 1 \quad \forall ijk / i \in (3,5), k \in (1,3)$$

$$X_{ijk} + X_{ij(k+2)} \leq 1 \quad \forall ijk / i \in (1,2,4,6,8), k \in (2,4)$$

Las inecuaciones correspondientes a los cultivos de invierno, serán para el primer y el tercer semestre del ejercicio, mientras que las que correspondan a los cultivos de verano, sólo se analizarán para el segundo y cuarto semestre.

De esta forma, se logra establecer que actividades i realizadas en un lote j para un período k , no pueden ser sucedidas por las actividades y en el mismo lote, para el mismo semestre en el año

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

siguiente. Esto se demuestra en la siguiente tabla de verdad, utilizando como ejemplo, la realización de una actividad, en un mismo lote, para años consecutivos:

X_{ijk}	$X_{ij(k+2)}$	Es deseable?	Valor de la suma
0	0	Si	0
0	1	Si	1
1	0	Si	1
1	1	No	2

Tabla 19: Tabla de verdad explicativa de la lógica de la rotación de cultivos.

Esta tabla compara entonces las opciones deseables con las no deseables, de modo de poder generar la inecuación apropiada.

Es importante señalar en este punto, que aunque se utilicen subíndices distintos para llamar a las variables de uso de soja de primera y soja de segunda, que estos son el mismo cultivo y tampoco pueden sucederse cronológicamente.

El único caso en el que no se aplicará esta restricción, es para el caso de cría, que en lugar de un semestre, requiere un año completo para ser realizada, problema que se considerará en otra restricción.

3.3.5 Diversificación de cultivos

La agricultura es una actividad muy dependiente del clima. Distintas plagas o sequías pueden acabar con la cosecha de un semestre en un instante. Es por esto que se plantea la posibilidad de alquilar lotes diferentes, de modo que en una misma temporada, se deba producir más de un cultivo/actividad diferente, con el objetivo de mitigar los riesgos del proyecto.

Es por esto que para cada semestre, tendremos el siguiente conjunto de restricciones:

$$X_{i1k} + X_{i2k} \leq 2 \quad \forall ik / i \in (1, 2, 4, 6, 8), k \in (2, 4, 6)$$

$$X_{i1k} + X_{i2k} \leq 2 \quad \forall ik / i \in (3, 5), k \in (1, 3, 5)$$

Si aplicamos esto para los cultivos de verano en los semestres pares, y para los cultivos de invierno en los semestres impares, logramos que, aún cuando haya un cultivo que se destaque en cada grupo, siempre se produzca al menos un lote del segundo mejor candidato, de modo de tener una garantía frente a los riesgos del rubro.

Aquí también rige lo explicado sobre la soja de primera y la soja de segunda en el apartado 3.3.4.

3.3.6 Restricciones referidas a la cría de vacas

Como se explicó en el apartado anterior, la cría de vacas requiere un año entero para la realización de dicha actividad. De este modo, y entendiendo que el servicio (comienzo de la actividad de cría) se realiza en el semestre invernal de cada año. Definimos:

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

$$X_{7jk} - X_{7j(k+1)} = 0 \quad \forall jk / k \in (1, 3, 5)$$

Pudiendo entonces, organizar tres ciclos de cría para cada terreno dedicado a la producción ganadera.

3.3.7 Relación entre cultivos de trigo y soja de 1°

La soja de primera, para obtener mejores rindes, necesita un mayor tiempo de germinación. Es por esto que el tiempo que demora hasta la cosecha es tanto mayor que en el caso de la soja de segunda, que es imposible seguirla de una siembra de trigo. Es así que se decide plantear el siguiente conjunto de inecuaciones:

$$X_{1jk} + X_{3j(k+1)} \leq 1 \quad \forall jk / j \in (1, 2), k \in (2, 4)$$

De este modo, si se llegase a plantar soja de primera en un semestre dado, no se podría plantar trigo en el siguiente. Esta restricción no impide la relación inversa (primero trigo y luego soja de primera).

3.3.8 Flujo de fondos positivo para todo el ejercicio

El objetivo del conjunto de restricciones de este apartado, es lograr que luego de hacer una inversión inicial, no haya necesidad de aportar capital, haciendo que el proyecto se financie por sí solo. De este modo, el modelo no pensará que se dispone de capital ilimitado para comprar todos los lotes disponibles.

La mejor forma de hacer esto, es con lo que se conoce como Programación Multiperíodo¹¹ con las siguientes ecuaciones:

$$I_0 - \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^8 CV_{ij1} * X_{ij1} - \sum_{j=1}^6 F_j * \alpha_{j6} = S_1$$

Como la ecuación que define el saldo S_1 al final del primer semestre como la diferencia entre la inversión inicial I_0 (en nuestro caso de análisis U\$S 500.000) y la suma de todos los costos variables activados en el primer semestre CV_{ij1} junto con los costos fijos F del proyecto.

Como se explicó a la hora de contemplar los supuestos, esto hará que como mínimo, el saldo del primer semestre sea cero, en tanto la programación lineal las variables no pueden tomar valores negativos.

Es importante señalar, que la primera ecuación no contempla los ingresos por ventas, y esto es porque lo que se produce en el semestre n , se cosecha y vende en el inicio del semestre $n + 1$. De este modo, luego de contemplar la ecuación inicial, definimos el siguiente conjunto de ecuaciones para completar la restricción:

¹¹ Los modelos de Programación Multiperíodo o modelos Dinámicos, surgen cuando se toma una decisión en más de un punto en el tiempo. Las decisiones tomadas durante el período actual, influyen en las decisiones tomadas durante períodos futuros.

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

$$S_{k-1} + \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^7 V_{ij(k-1)} * X_{ij(k-1)} - \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^7 CV_{ijk} * X_{ijk} - \sum_{j=1}^6 F_j * (\alpha_k - \alpha_{k-1}) = S_k$$

$$\forall k \in (2,3,4,5,6)$$

Este conjunto de ecuaciones define el saldo de cada semestre S_k como la suma del saldo del período anterior S_{k-1} con las ventas de dicho semestre, menos los costos del período actual. Este apartado añade al modelo 6 nuevas restricciones.

3.3.9 Activación de los costos fijos

Como mencionamos a la hora de construir la función objetivo, el hecho de introducir una variable que represente la activación de los costos fijos en el proyecto, agrega un nuevo conjunto de restricciones de la forma:

$$X_{ijk} \leq \alpha_j \quad \forall (ijk)$$

Esta inecuación solo se considerará para aquellas combinaciones ijk , que no hayan sido tenidas en cuenta en los apartados anteriores, en tanto serán las únicas que no fueron anuladas con anticipación.

Esta inecuación compara dos variables binarias de modo tal que, si el programa opta por no activar los costos fijos, que no representan otra cosa que el alquiler del campo $\alpha = 0$, por lo que las variables binarias de actividades, no tendrán otra alternativa que tomar dicho valor, haciendo que no se realice el proyecto. Por otro lado, si el programa los activa, les da la posibilidad a estas variables de tomar tanto el valor 0 como el valor 1. Esto se puede observar en la siguiente tabla de verdad:

α_j	X_{ijk}	Estado
0	0	Válido
0	1	No Permitido
1	0	Válido
1	1	Válido

Tabla 20: Tabla de verdad que explica la activación de costos fijos

En este caso, además habrá que obligar al modelo a que cuando active la variable binaria que corresponde a un lote, continúe utilizando dicho lote, en tanto los contratos de alquiler son de tres años. Esto se soluciona de la siguiente manera:

$$\alpha_{j(k-1)} \leq \alpha_{jk} \quad \forall jk \quad k \in (2,3,4,5,6)$$

De esta forma, si un lote no se utiliza en un año determinado, no puede haberse utilizado para producir en el año anterior.

3.4 Retoques finales al modelo

La primera corrida del modelo con los datos ingresados, arrojó como resultado los siguientes valores para las variables del modelo:

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	-	Cebada	-	-	-	-
Semestre 2	Soja 1°	Maíz	-	-	-	-
Semestre 3	Cebada	Trigo	-	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 4	Maíz	Soja 1°	-	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 5	Trigo	Cebada	Cría	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 6	Soja 1°	Maíz	Cría	Cría	Engorde	Engorde

Tabla 21: Mapa de inversiones de la corrida inicial del modelo.

Podemos hacer algunos comentarios sobre esta primera corrida antes de analizar los distintos escenarios que podrían cambiar el set de datos iniciales y, consecuentemente, el resultado de la función objetivo.

3.4.1 Tasa de descuento

En una primera mirada, podemos notar que la ganancia al final del proyecto es muy alta (aproximadamente 7 millones). Esto se debe, principalmente, a que los valores de los márgenes, no están actualizados al presente con una tasa semestral.

Para poder hacer esto, calculamos la WACC correspondiente al proyecto. La misma es la tasa de descuentos que debe utilizarse para actualizar los flujos de fondos de un proyecto. Esta corresponde a la rentabilidad que el accionista le exigirá al proyecto por renunciar a un uso alternativo de esos recursos en proyectos con niveles de riesgos similares.

Al no estar endeudados (debido a la restricción del modelo que pide un flujo de fondos positivo para todo el proyecto) la misma resulta idéntica al coeficiente K_c que es la tasa que representa el costo de oportunidad de los inversores:

$$WACC = K_c * \frac{C}{C + D} + K_d * (1 - \alpha) * \frac{D}{C + D}$$

Donde C es el capital invertido, D es la deuda adquirida (que para el modelo será igual a cero), K_d es el costo financiero de la deuda y α es el impuesto a las ganancias.

Para calcular el K_c se utilizó la tasa libre de riesgo del bono del tesoro norteamericano a tres años que es del 3,59%. Encontramos que el β para la industria de producción agropecuaria es de 0,66. El rendimiento del mercado es de 4,5% y el riesgo país de Argentina, se encuentra en los 1014 puntos¹².

¹² Datos oficiales de Revista Bloomberg.

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

Finalmente, se obtuvo un valor de K_c igual a 16,7% que para el presente proyecto no es otra cosa que el valor de la misma WACC.

Se generó entonces un vector de actualización $WACC_k$ que permitirá actualizar los márgenes y costos fijos en la función objetivo, de la siguiente manera:

$$\pi = \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^8 M_{ijk} * X_{ijk} * WACC_k - \sum_{j=1}^6 F_j * \alpha_{jk} * WACC_k$$

3.4.2 Impuestos

En este estado, el modelo aún no se asemeja a la realidad, en tanto tenemos que contemplar el impuesto a las ganancias del 35%. El problema que acarrea el no contemplar este impuesto, no está solo en el valor del resultado final del ejercicio, además limita los fondos que se tienen para invertir en nuevas actividades (en el caso que se decida realizar las mismas en el transcurso del proyecto y no al inicio).

Dicho impuesto modifica la función objetivo de la siguiente manera:

$$\pi = \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^8 M_{ijk} * X_{ijk} * WACC_k * (1 - \varphi) - \sum_{j=1}^6 F_j * \alpha_{jk} * WACC_k * (1 - \varphi)$$

De la misma manera, tenemos que considerar el pago del impuesto a las ganancias para los semestres 3 y 5 en el conjunto de restricciones que requiere un flujo de fondos positivo a lo largo de todo el ejercicio. En ambos casos, aplica restando el 35% del valor del margen obtenido por las ventas de los dos períodos anteriores. No se tiene en cuenta a la hora de vender los activos, en tanto se venden a valor de libros.

Lo importante, es que esta adición al modelo cambia también el esquema de actividades realizadas, de la siguiente forma:

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	-	Cebada	-	-	-	-
Semestre 2	Soja 1°	Maíz	-	-	-	-
Semestre 3	Cebada	-	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 4	Maíz	Soja 1°	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 5	Trigo	Cebada	Cría	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 6	Soja 1°	Maíz	Cría	Cría	Engorde	Engorde

Tabla 22: Mapa de inversiones luego de contemplar el impuesto a las ganancias.

Si además de esto, contemplamos los ingresos brutos (aplicados directamente en los márgenes utilizados como datos para el modelo), obtenemos un resultado un tanto menor, que no modifica el mapa de inversiones.

3.4.3 Alquileres

Una nueva mirada al resultado del modelo, deja entrever una particularidad. En el lote 2, semestre 3, vemos que no se realiza ninguna actividad. Pero aún así, el lote está alquilado para ese período, al no estar diferenciados los costos fijos de alquiler, esto no resulta en ningún tipo de penalización.

Aún cuando esto se puede solucionar modificando los datos de entrada al modelo y agregando vectores que representen los costos fijos de alquiler. Se decidió optar por una alternativa que modifica levemente la función objetivo y las restricciones de flujo de fondos:

$$\pi = \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^8 M_{ijk} * X_{ijk} * WACC_k * (1 - \varphi) - \sum_{j=1}^6 F_j * \alpha_{jk} * WACC_k - \sum_{k=1}^6 \sum_{j=1}^6 ALQ_{jk} * \left(\alpha_{jk} - \sum_{i=1}^8 X_{ijk} \right)$$

Donde el término final (que debe agregarse también en las restricciones del flujo de fondos positivo) indica que el costo de alquiler solo se activara cuando el lote esté siendo alquilado $\alpha_{jk} = 1$ y la sumatoria de X_{ijk} , (que por la restricción 3.3.1 solo puede valer 0 o 1) valga 0, lo que significa que dicho lote no está siendo utilizado para realizar ninguna actividad. Esto puede verse en la siguiente tabla de verdad.

α_{jk}	$\sum_{i=1}^8 X_{ijk}$	Estado
0	0	No Activa
0	1	No Permitido
1	0	Activa
1	1	No Activa

Tabla 23: Tabla de verdad que explica cuando se activa y cuando no el costo de alquiler

Es importante señalar, que como el alquiler depende de los precios de la soja en el caso de los lotes destinados a agricultura, y de la carne en los lotes destinados a ganadería, se vuelve un coeficiente de costos variable en el tiempo.

3.5 Modelo CPLEX

```
//DEFINICION DE VARIABLES

//Trabajo con 8 actividades (Soja 1°, Soja 2°, Trigo, Maíz, Cebada, Girasol, Cría, Engorde).
{int} ACTIVIDADES = {1,2,3,4,5,6,7,8};

//Trabajo con 6 lotes (1 y 2 para agricultura, 3 y 4 para cría y 5 y 6 para engorde).
{int} LOTES = {1,2,3,4,5,6};

//Trabajo con 6 semestres.
{int} SEMESTRES = {1,2,3,4,5,6};
```

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

```
//Defino los márgenes de ganancia de cada una de las actividades (por semestre).
float MARGEN [ACTIVIDADES] [SEMESTRES]=
[[289483,252837,252837,220262,220262,199581],
[132902,108940,108940,87371,87371,72931],
[-9169,17689,17689,25716,25716,40638],
[325108,253851,253851,236492,236492,213360],
[300190,324318,324318,347942,347942,369038],
[33200,50214,50214,66617,66617,80391],
[-65471,123084,-68818,139068,-72508,156690],
[124074,136455,149456,163106,177440,192490]];

//Defino los costos de cada una de las actividades (por semestre).
float COSTO [ACTIVIDADES] [SEMESTRES]=
[[318187,318797,318797,320901,320901,326561],
[284871,284058,284058,284678,284678,288791],
[368346,371037,371037,375308,375308,383225],
[491620,499616,499616,509421,509421,523111],
[281340,280473,280473,281041,281041,285104],
[317409,317926,317926,319929,319929,325483],
[65471,67103,68818,70617,72508,74492],
[275858,283476,291476,299876,308696,317957]];

//Defino los costos fijos de inicio para cada lote.
float FIJOSIN [LOTES] = [0,0,338242,338242,114749,114749];

//Defino los ingresos al finalización de la actividad para cada lote.
float FIJOSOUT [LOTES] = [0,0,475968,475968,83244,83244];

//Defino la inversión inicial
float INVERSION = 500000;

//Defino el costo de alquiler
float ALQUILER [LOTES] [SEMESTRES] =
[[125952,118483,118483,112167,112167,109053],
[125952,118483,118483,112167,112167,109053],
[29023,30474,31998,33598,35278,37043],
[29023,30474,31998,33598,35278,37043],
[24660,25893,27188,28548,29976,31475],
[24660,25893,27188,28548,29976,31475]];

//Declaro las variables binarias como tales.
dvar boolean USO [ACTIVIDADES] [LOTES] [SEMESTRES];
dvar boolean ACTIVO [LOTES] [SEMESTRES];

// Agrego una variable auxiliar que represente el resultado del semestre.
dvar float+ RESULTADO [SEMESTRES];

// Agrego un vector para modificar los márgenes por la tasa de descuento.
float WACC [SEMESTRES] = [0.9256,0.8568,0.7932,0.7342,0.6797,0.6291];

//FUNCION OBJETIVO

//Declaro la función objetivo
maximize
```

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

```
sum (k in SEMESTRES:k in {1,2,3,4,5}) sum (j in LOTES) sum (i in
ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [k] + COSTO [i] [k]) * WACC [k+1] * USO [i] [j]
[k]
+ sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [6] + COSTO
[i] [6]) * 0.5824 * USO [i] [j] [6]
- sum (k in SEMESTRES) sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES)
COSTO [i] [k] * USO [i] [j] [k] * WACC [k]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) ((MARGEN [i] [1] + COSTO
[i] [1]) * USO [i] [j] [1] + MARGEN [i] [2] * USO [i] [j] [2] - COSTO [i]
[3] * USO [i] [j] [3]) * 0.35 * WACC [3]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) ((MARGEN [i] [3] + COSTO
[i] [3]) * USO [i] [j] [3] + MARGEN [i] [4] * USO [i] [j] [4] - COSTO [i]
[5] * USO [i] [j] [5]) * 0.35 * WACC [5]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) ((MARGEN [i] [5] + COSTO
[i] [5]) * USO [i] [j] [5] + MARGEN [i] [6] * USO [i] [j] [2]) * 0.35 *
0.5824
- sum (k in SEMESTRES:k in {2,3,4,5,6}) sum(j in LOTES) FIJOSIN [j]
* (ACTIVO [j] [k] - ACTIVO [j] [k-1]) * WACC [k]
- sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] * ACTIVO [j] [1] * WACC [1]
+ sum (j in LOTES) FIJOSOUT [j] * ACTIVO [j] [6] * 0.5824
- sum (k in SEMESTRES) sum (j in LOTES) ALQUILER [j] [k] * (ACTIVO
[j] [k] - sum (i in ACTIVIDADES) USO [i] [j] [k]) * WACC [k];

//RESTRICCIONES

subject to {

//Atamos cada lote a un tipo de actividad específica
forall (k in SEMESTRES) {
forall (j in LOTES:j in {3,4,5,6}) {
forall (i in ACTIVIDADES: i in {1,2,3,4,5,6}) {
USO [i] [j] [k] == 0;
}
}
forall (j in LOTES:j in {1,2,5,6}) {
USO [7] [j] [k] == 0;
}
forall (j in LOTES:j in {1,2,3,4}) {
USO [8] [j] [k] == 0;
}
}

//Una sola actividad por lote por semestre
forall (k in SEMESTRES) {
forall (j in LOTES) {
sum (i in ACTIVIDADES) USO [i] [j] [k] <= 1;
}
}

//Definicion de cultivos de verano/invierno
forall (k in SEMESTRES:k in {1,3,5}) {
forall (j in LOTES:j in {1,2}) {
forall (i in ACTIVIDADES:i in {1,2,4,6}) {
USO [i] [j] [k] == 0;
}
}
}
}
```

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

```
forall (k in SEMESTRES:k in {2,4,6}) {
  forall (j in LOTES:j in {1,2}) {
    forall (i in ACTIVIDADES:i in {3,5}) {
      USO [i] [j] [k] == 0;
    }
  }
}

// Diversificación de cultivos en los campos agrícolas
forall (k in SEMESTRES:k in {2,4,6}) {
  forall (i in ACTIVIDADES:i in {1,2,4,6}) {
    sum (j in LOTES:j in {1,2}) USO [i] [j] [k] <= 1;
  }
}
forall (k in SEMESTRES:k in {1,3,5}) {
  forall (i in ACTIVIDADES:i in {3,5}) {
    sum (j in LOTES:j in {1,2}) USO [i] [j] [k] <= 1;
  }
}

// Rotación de cultivos
forall (j in LOTES:j in {1,2}) {
  forall (i in ACTIVIDADES:i in {3,5}) {
    sum (k in SEMESTRES:k in {1,3}) USO [i] [j] [k] <= 1;
    sum (k in SEMESTRES:k in {3,5}) USO [i] [j] [k] <= 1;
  }
  forall (i in ACTIVIDADES: i in {1,2,4,6}) {
    sum (k in SEMESTRES:k in {2,4}) USO [i] [j] [k] <=1;
    sum (k in SEMESTRES:k in {4,6}) USO [i] [j] [k] <=1;
  }
  USO [1] [j] [2] + USO [2] [j] [2] + USO [1] [j] [4] + USO [2] [j] [4]
<= 1;
  USO [1] [j] [4] + USO [2] [j] [4] + USO [1] [j] [6] + USO [2] [j] [6]
<= 1;
}

// Definimos la cría de vacas como un proceso anual
forall (j in LOTES:j in {3,4}) {
  USO [7] [j] [1] - USO [7] [j] [2] == 0;
  USO [7] [j] [3] - USO [7] [j] [4] == 0;
  USO [7] [j] [5] - USO [7] [j] [6] == 0;
  ACTIVO [j] [1] - ACTIVO [j] [2] == 0;
  ACTIVO [j] [3] - ACTIVO [j] [4] == 0;
  ACTIVO [j] [5] - ACTIVO [j] [6] == 0;
}

// Relación entre cultivos de soja de primera y trigo
forall (j in LOTES:j in {1,2}) {
  USO [1] [j] [2] + USO [3] [j] [3] <= 1;
  USO [1] [j] [4] + USO [3] [j] [5] <= 1;
}

// Flujo de fondos positivo
INVERSION
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) COSTO [i] [1] * USO [i] [j]
[1] - sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] * ACTIVO [j] [1]
== RESULTADO [1];
```

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

```
RESULTADO [1]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) COSTO [i] [2] * USO [i] [j]
[2] + sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [1] + COSTO [i]
[1])* USO [i] [j] [1]
- sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] * (ACTIVO [j] [2] - ACTIVO [j] [1])
- sum (j in LOTES) ALQUILER [j] [2] * (ACTIVO [j] [2] - sum (i in
ACTIVIDADES) USO [i] [j] [2])
== RESULTADO [2];

RESULTADO [2]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) COSTO [i] [3] * USO [i] [j]
[3]
+ sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [2] + COSTO [i]
[2])* USO [i] [j] [2]
- sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] * (ACTIVO [j] [3] - ACTIVO [j] [2])
- sum (j in LOTES) ALQUILER [j] [3] * (ACTIVO [j] [3] - sum (i in
ACTIVIDADES) USO [i] [j] [3])
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) ((MARGEN [i] [1] + COSTO [i]
[1]) * USO [i] [j] [1] + MARGEN [i] [2] * USO [i] [j] [2] - COSTO [i] [3]
* USO [i] [j] [3]) * 0.35
== RESULTADO [3];

RESULTADO [3]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) COSTO [i] [4] * USO [i] [j]
[4] + sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [3] + COSTO [i]
[3])* USO [i] [j] [3]
- sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] * (ACTIVO [j] [4] - ACTIVO [j] [3])
- sum (j in LOTES) ALQUILER [j] [4] * (ACTIVO [j] [4] - sum (i in
ACTIVIDADES) USO [i] [j] [4])
== RESULTADO [4];

RESULTADO [4]
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) COSTO [i] [5] * USO [i] [j]
[5]
+ sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [4] + COSTO [i]
[4])* USO [i] [j] [4]
- sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] * (ACTIVO [j] [5] - ACTIVO [j] [4])
- sum (j in LOTES) ALQUILER [j] [5] * (ACTIVO [j] [5] - sum (i in
ACTIVIDADES) USO [i] [j] [5])
- sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) ((MARGEN [i] [3] + COSTO [i]
[3]) * USO [i] [j] [3] + MARGEN [i] [4] * USO [i] [j] [4] - COSTO [i] [5]
* USO [i] [j] [5]) * 0.35
== RESULTADO [5];

RESULTADO [5] - sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) COSTO [i] [6] *
USO [i] [j] [6] + sum (j in LOTES) sum (i in ACTIVIDADES) (MARGEN [i] [5]
+ COSTO [i] [5])* USO [i] [j] [5] - sum (j in LOTES) FIJOSIN [j] *
(ACTIVO [j] [6] - ACTIVO [j] [5]) - sum (j in LOTES) ALQUILER [j] [6] *
(ACTIVO [j] [6] - sum (i in ACTIVIDADES) USO [i] [j] [6]) == RESULTADO
[6];

// Activación de costos fijos
forall (k in SEMESTRES) {
  forall (j in LOTES: j in {1,2}) {
    forall (i in ACTIVIDADES: i in {1,2,3,4,5,6}) {
      USO [i] [j] [k] <= ACTIVO [j] [k];
    }
  }
}
```

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

```

    }
  }
  forall (j in LOTES: j in {3,4}) {
    USO [7] [j] [k] <= ACTIVO [j] [k];
  }
  forall (j in LOTES: j in {5,6}) {
    USO [8] [j] [k] <= ACTIVO [j] [k];
  }
}
// Cuando alquilo un campo, tengo que seguir para adelante en el tiempo
forall (k in SEMESTRES: k in {2,3,4,5,6}) {
  forall (j in LOTES) {
    ACTIVO [j] [k-1] <= ACTIVO [j] [k];
  }
}
}
}

```

3.6 Resultado de la corrida del modelo

Finalmente, se procedió a realizar la corrida final del modelo explicado en los apartados anteriores de este capítulo, obteniendo los siguientes resultados:

Valor Actual Neto	\$1.308.320
--------------------------	--------------------

Tabla 24: Resultado de la corrida del modelo: Valor de la Función Objetivo.

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	-	Cebada	-	-	-	-
Semestre 2	Soja 2°	Maíz	-	-	-	-
Semestre 3	Cebada	Trigo	-	-	-	Engorde
Semestre 4	Maíz	Soja 1°	-	-	-	Engorde
Semestre 5	Trigo	Cebada	Cría	-	Engorde	Engorde
Semestre 6	Soja 1°	Maíz	Cría	-	Engorde	Engorde

Tabla 25: Resultado de la corrida del modelo: Mapa de Actividades.

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	0	1	0	0	0	0
Semestre 2	1	1	0	0	0	0
Semestre 3	1	1	0	0	0	1
Semestre 4	1	1	0	0	0	1
Semestre 5	1	1	1	0	1	1
Semestre 6	1	1	1	0	1	1

Tabla 26: Resultado de la corrida del modelo: Activación de Lotes.

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

Semestre	Excedente
1	\$218.660
2	\$16.516
3	\$104.778
4	\$409.029
5	\$112.026
6	\$554.227

Tabla 27: Resultado de la corrida del modelo: Excedentes de capital por semestre.

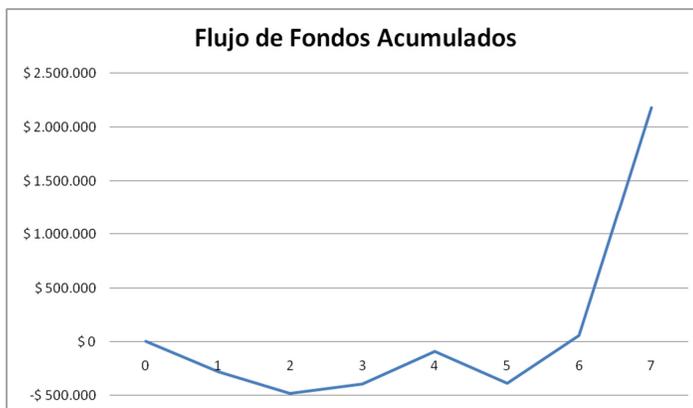


Ilustración 46: Resultado de la corrida del modelo: Flujo de fondos acumulado.

3.7 Simulación de Montecarlo

El modelo de Programación Lineal tiene el inconveniente de ser determinístico y no contemplar posibles variaciones en los distintos coeficientes. En otras palabras toma la decisión óptima en un contexto sin riesgo. Se considero necesario el estudiar la robustez de estas decisiones mediante una simulación que contemple la amplia variabilidad presente en el mercado agropecuario, tanto de precios como de lluvias y rindes. Para esto se recurrió a un método de simulación de Montecarlo.

El método Montecarlo es un método no determinístico para evaluar el resultado de un problema con componentes aleatorias. En el mismo se cuenta con un sistema que tiene datos de entrada determinados por una distribución estadística, y las variables que se obtienen también presentan una distribución estadística.

Para el análisis realizado en este trabajo, este resulta una herramienta ideal para simular el comportamiento de las explotaciones agropecuarias frente a las varias incertidumbres que esta industria presenta.

Se utilizo la solución del modelo base para generar esta simulación. En este caso se debió fijar las actividades a realizar y permitir que el capital disponible varíe. (Ver más adelante, Bache Máximo)

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

El siguiente es el Flujo de Fondos base al que se realizaron las variaciones con el programa Crystal Ball para utilizar el modelo de Montecarlo:

Año	2012	2013	2013	2014	2014	2015	2015
Semestre	1	2	3	4	5	6	7
Ventas		\$ 581.531	\$ 1.146.467	\$ 1.434.452	\$ 1.750.061	\$ 2.002.283	\$ 2.514.694
Costos	\$ 281.340	\$ 783.675	\$ 942.988	\$ 1.130.199	\$ 1.346.250	\$ 1.560.081	
Ut Bruta	\$ -281.340	\$ -202.144	\$ 203.479	\$ 304.253	\$ 403.811	\$ 442.202	\$ 2.514.694
Imp Ganancias			\$ 467		\$ 247.822		\$ 1.034.913
Inversiones			\$ 114.749		\$ 452.991		\$ -642.456
Flujo de Fondos	\$ -281.340	\$ -202.144	\$ 88.263	\$ 304.253	\$ -297.002	\$ 442.202	\$ 2.122.236

Tabla 28: Flujo de fondos para la simulación de Montecarlo.

Se determino la variabilidad de los coeficientes¹³, tanto de los rindes (factores climáticos), y de los precios (variabilidad del mercado) como de los costos de los modelos. En total se determinaron 60 coeficientes que van a presentar valores aleatorios. Se diseño una distribución estadística para los precios de los granos y la carne, el rinde de los cultivos, la cotización del dólar y el costo de los alimentos para engorde para cada uno de los semestres.

Se fijó una distribución Normal para todos los coeficientes, con media en el valor del escenario base y desvío estándar según el calculado en el análisis de riesgos (Ver 4.2 Variables de Riesgo), esto se hizo con el fin de simplificar el análisis.

Las variables de salida que se estudiaron fueron el VAN, TIR, TIR Modificada y Bache Máximo. Se hicieron 35.000 corridas para llegar a valores estadísticamente significativos.

3.7.1 VAN

Se calculo el VAN con el WACC anteriormente mencionado de 16,7%.

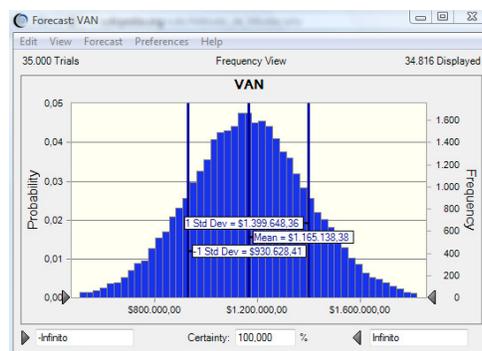


Ilustración 47: Distribución del VAN obtenido mediante la simulación.

¹³ Ver apartado 4.2: Variables de Riesgo.

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

El Valor Actual Neto presenta una distribución Normal. Vemos que el valor está lejos de ser negativo y sus valores más probables están entre US\$930.000 y US\$1.400.000 luego de tres años.

3.7.2 TIR

Se calculo la distribución estadística tanto para la Tasa Interna de Retorno como la Tasa Interna de Retorno Modificada que contempla la re inversión de capital.

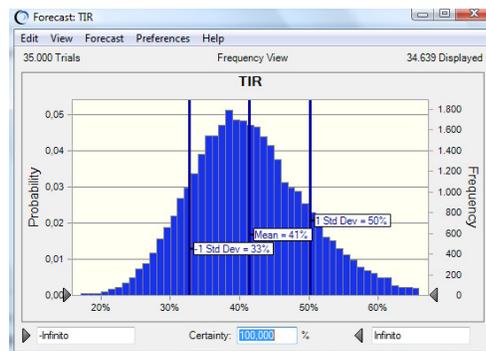


Ilustración 48: Distribución de la TIR obtenida mediante la simulación.

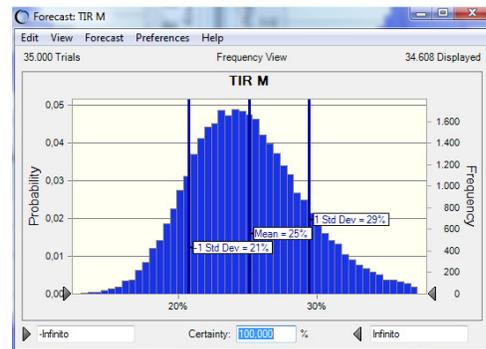


Ilustración 49: Distribución de la TIR Modificada obtenida mediante la simulación.

Tanto la TIR Modificada presenta un valor más representativo para el presente trabajo, debido a que tiene en cuenta las reinversiones, sus valores más probables rondan entre el 20% y 30%, esta es una tasa de retorno muy buena.

3.7.3 Bache Máximo

El bache máximo se refiere a la cantidad de Capital con la que se necesita financia el proyecto. En el análisis del modelo definimos US\$500.000 como capital máximo, pero en este caso solo se fijaron las actividades a realizar. De esta manera el capital necesario puede tanto ser mayor como

Elaboración del Modelo de Programación Lineal

menor al determinado en el modelo de programación lineal, dependiendo de si el contexto es favorable o perjudicial.

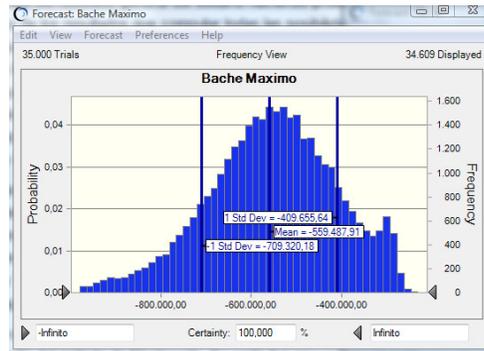


Ilustración 50: Distribución del Bache máximo obtenido mediante la simulación.

El capital que se necesitaría para el proyecto se encuentra aproximadamente entre US\$ 400.000 y US\$ 700.000. Esta variabilidad representa el riesgo del negocio, puede necesitarse mayor espalda financiera de la originalmente prevista.

3.7.4 Conclusión

Que el valor del VAN sea tan alto se debe a que se realizan re inversiones continuamente de las ganancias. Esta es una estrategia de alto riesgo, de hecho esto se puede ver en el bache que debe salvarse en el proyecto ya que este puede ser bastante mayor al planteado originalmente en el modelo. De cualquier manera, a final de cuentas se termina salvando estos riesgos debido a la gran diversificación presentada, se invierte en todas las principales actividades agropecuarias.

El problema con este modelo es que las variación aleatorias de las los coeficientes de entrada se realiza independientemente, esto genera que tengan una tendencia a compensarse entre si, por ejemplo un bajo rinde en un cultivo puede compensarse con un alto rendimiento en otro, hecho poco probable debido a que en un escenario de bajas lluvias las cosechas de todos los cultivos presentaran bajos rindes. De todas formas, este análisis, conjuntamente con el estudio de escenarios que presentan los casos más extremos, resulta bastante optimista. La diversificación de la cartera de inversión proporciona una gran estabilidad.

Resumiendo, se prueba mediante esta simulación la considerable robustez de las decisiones del modelo de programación lineal.

Capítulo 4: Análisis de Escenarios

4.1 Introducción

En esta sección del trabajo se analizarán los principales riesgos que tendrán los establecimientos agrícola y ganadero. El método que se utilizará para analizar los riesgos y su efecto será el planteo de escenarios tanto positivos como negativos. Esto permitirá analizar y cuantificar la relevancia que tendrán las variables de riesgo seleccionadas en el tiempo.

De igual forma, se espera poder analizar como el impacto de esos riesgos afectan los resultados arrojados por el programa de modelización. Es importante destacar que la forma en la que se analizan las variables de riesgo a futuro no afectará la formulación del modelo en sí, sino a los datos de entrada del mismo. Se espera que el modelo permita aportar información importante a la hora de la toma de decisiones por parte de un inversor; de aquí surge la relevancia de este tipo de análisis.

Para plantear los escenarios se utilizaran horizontes de tres años para evitar la realización de pronósticos con gran variabilidad a futuro. El modelo debe realimentarse a medida que los datos de entrada cambien para obtener la información más acertada posible por parte del mismo. En los escenarios se plantearán tanto situaciones positivas como negativas para alguno de los negocios seleccionados.

4.2 Variables de Riesgo

En el presente apartado, se seleccionarán las principales variables de riesgo para cada tipo de actividad y se evaluará el impacto que puedan tener las mismas en el resultado económico. Para llegar a esta conclusión primero se analizará cuales son los datos de entrada que estas variables afectan y como lo hacen. Posteriormente, y utilizando los datos obtenidos por el resultado de la programación con los datos iniciales se comparará el resultado en términos económicos.

Todos los datos de las variables se analizan respecto de su tendencia para obtener el error respecto de su evolución lineal. Mediante el Software Crystal Ball se procede luego a obtener las distribuciones que más se ajustan a dicho error, a fin de poder cuantificar el desvío estándar de los coeficientes seleccionados como variables de riesgo para su modificación en los distintos escenarios.

4.2.1 Ganadería

Precio del Animal en Pie

Esta variable será determinante al momento de calcular el ingreso bruto que se obtiene por los animales vendidos al final del periodo de producción. En este caso esta variable impacta de igual forma tanto para la cría como para el engorde. Particularmente, para el engorde este precio está relacionado tanto al costo como al precio ya que la compra de los animales también está afectada por este precio.

Análisis de Escenarios

Según el análisis realizado sobre los datos mediante el uso del software "Crystal Ball", la distribución de probabilidades para esta variable será beta, y para los escenarios positivo y negativo se utilizará un nivel de dos desvíos estándar para arriba y para abajo respectivamente.

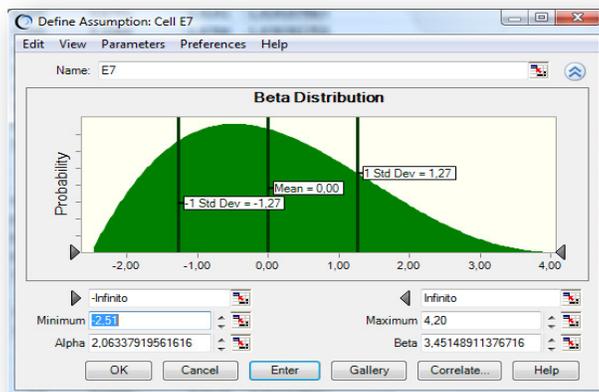


Ilustración 51: Variabilidad del precio del ganado en pie.

Alquiler del Campo

El alquiler del campo será un factor relevante para la ganadería aunque solamente resulta decisivo en la actividad de cría, para la cual representa un 50% del costo de producción. Para el engorde el tamaño del campo es mucho más reducido por lo que prácticamente no impacta. Es importante destacar que el precio del alquiler del campo está estrictamente relacionado al precio del animal en pie ya que se calcula en kilogramos de carne por hectárea. Teniendo en cuenta esto, para la actividad de la cría el precio se convierte en una variable crítica.

Al mismo tiempo, la tendencia alcista de los precios de los cultivos produjo en el último tiempo un desplazamiento de la actividad ganadera a montes produciendo una menor cantidad de hectáreas disponibles para ganadería y con ello el lógico aumento de precios del alquiler.

Precio del Maíz y la Cebada

El precio del maíz y la cebada representa uno de los principales costos de la actividad de engorde puesto que se utiliza para alimentar a los animales y actualmente se encuentra en un momento de alza respecto de los niveles históricos. Puesto que representa (con el nivel de precios actual) un 40% del costo de producción de engorde aproximadamente, el hecho de que aumente el precio de estos cultivos muy por encima del de la ganadería será determinante en el margen de la actividad.

Análisis de Escenarios

4.2.2 Agricultura

Precio de los cultivos

El precio de los cultivos será al igual que para la ganadería una variable clave que determina el ingreso para cada cultivo y periodo. La variación de los precios no puede predecirse fácilmente ya que depende en gran medida de la demanda externa. Como se destacó en el inciso de costos agropecuarios el costo de alquiler del campo está vinculado al precio de la soja, teniendo en cuenta la importancia de este cultivo a nivel mundial. Esto pone al precio de la soja como uno de los determinantes del margen económico que se puede obtener en los distintos lotes. A continuación se presentan las distribuciones de los errores del precio respecto de una tendencia lineal para cada cultivo.

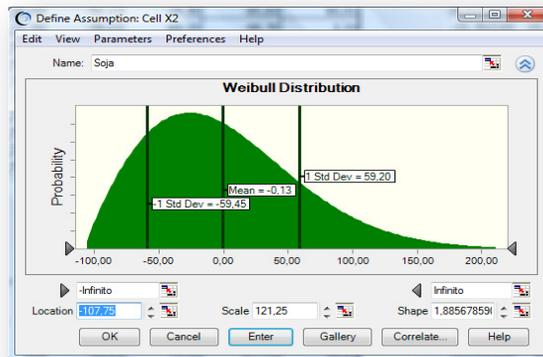


Ilustración 52: Variabilidad del precio de la Soja.

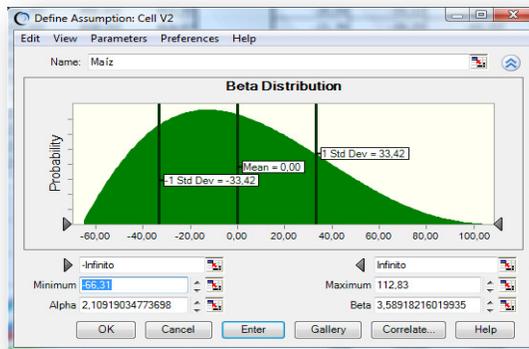


Ilustración 53: Variabilidad del precio del Maíz.

Análisis de Escenarios

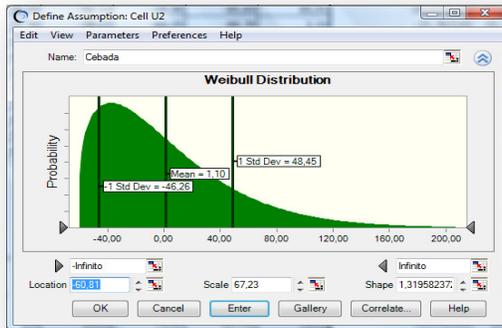


Ilustración 54: Variabilidad del precio de la Cebada.

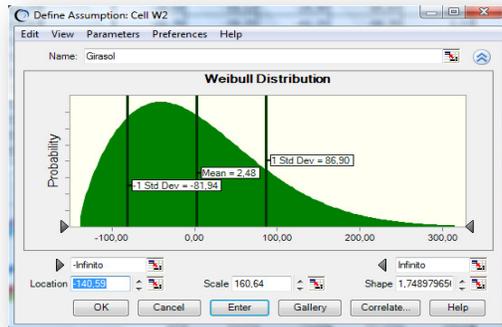


Ilustración 55: Variabilidad del precio del Girasol.

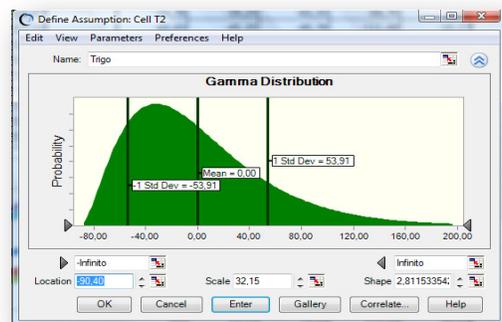


Ilustración 56: Variabilidad del precio del Trigo.

Análisis de Escenarios

El clima y el rendimiento

El clima es una variable que afecta en gran medida la producción del campo. Aunque no es una variable que podamos controlar, se cree, es importante mencionarla. Su impacto se verá reflejado solamente en los rindes de los cultivos, pero esto es lo que permite precisar qué nivel de producción podrá obtenerse. Una mala campaña puede resultar en pérdidas ya que, mientras que los costos serán levemente menores que en una buena campaña, la cantidad producida, que determina el ingreso, se verá reducida en mayor medida. Para llevar este análisis a los escenarios se relevó el error de los datos respecto de los de la estimación lineal de los mismos a fin de poder establecer con un nivel de confianza del 95% cuáles serán los rindes obtenidos (ver anexo). Los resultados pueden verse a continuación en los gráficos de Crystal Ball.

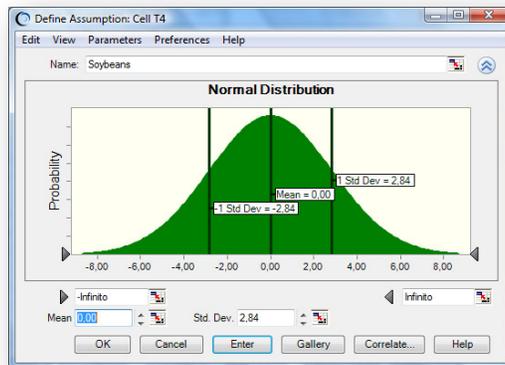


Ilustración 57: Variabilidad del rinde de la Soja.

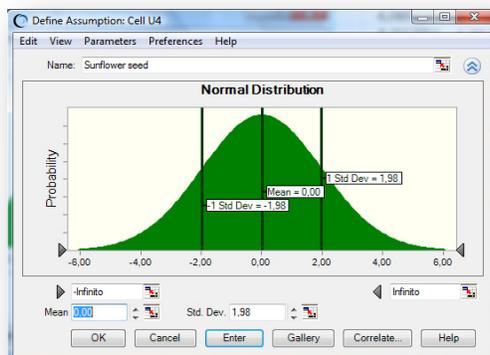


Ilustración 58: Variabilidad del rinde del Girasol.

Análisis de Escenarios

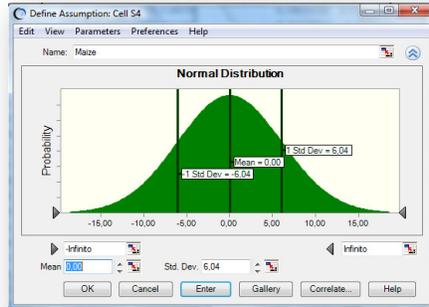


Ilustración 59: Variabilidad del rinde del Maíz.

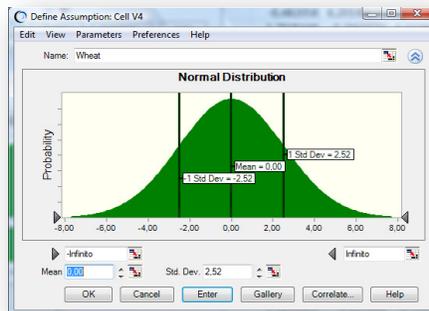


Ilustración 60: Variabilidad del rinde del Trigo.

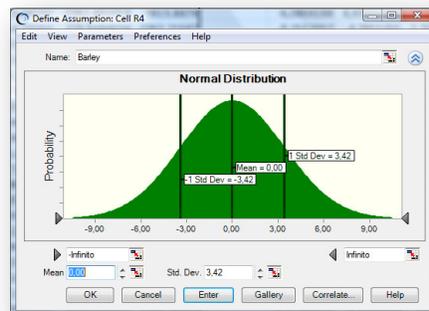


Ilustración 61: Variabilidad del rinde de la Cebada.

Análisis de Escenarios

Costos de producción

Los costos de producción variables, están formados por los servicios de siembra, cosecha, fumigación, y los insumos respectivos que se requieren. Si bien en un principio podría pensarse que estos costos deberían estar estrechamente ligados al precio del petróleo (puesto que gran parte de los insumos son derivados del petróleo y las maquinarias funcionan a partir del gas oil) en muchos casos los precios varían junto con el de los commodities que aquí se analizan.

4.3 Escenarios

En los escenarios planteados se determinará la variación de uno de los parámetros elegidos a fin de poder cuantificar su impacto en el resultado que brinda el modelo desarrollado. La variación que se utilizará se obtuvo analizando los datos de las mismas mediante regresión lineal. Luego de obtener todos los errores entre la regresión y los datos, se profundizó sobre ellos buscando la distribución de probabilidad que mejor se ajusta.

Para plantear los escenarios se utilizaran las variables con 2 desvíos estándar lo cual asegura que los escenarios analizados tanto positivos como negativos se encuentran dentro del 95% de los valores que históricamente puede tomar dicha variable.

Por otro lado, solamente se analizarán escenarios que sean relevantes teniendo en cuenta el escenario obtenido con los datos iniciales. Es decir, si a través del modelo se obtiene que en ningún momento del proyecto se cultiva cebada, sería redundante analizar el impacto de una disminución del precio de la cebada puesto que el resultado será el mismo que el de la solución óptima inicial. Lo que se busca analizar es que tipo de variaciones implican un cambio en la solución óptima.

4.3.1 Escenarios Pesimistas

Baja de Precios de Agricultura

Teniendo en cuenta los resultados del año base se modificaron los precios de aquellos cultivos que forman parte de la solución óptima (soja, trigo, cebada y maíz) junto con los que no entraron en dicha solución (girasol). Utilizando los datos analizados sobre los precios y teniendo en cuenta su distribución, se utilizará la disminución especificada anteriormente. Esto permite analizar tanto el comportamiento del programa ante una reducción del precio como la disminución del margen obtenido. La variación en los precios será progresiva. Esto quiere decir que la variación impactará más al pasar los años. Esta información puede verse en las tablas del anexo.

Esto, por otro lado, afecta parte de los costos de ganadería de engorde, produciendo una disminución de los costos de alimentación para dicha actividad.

Este escenario, es considerado pesimista ya que en las condiciones actuales resulta óptima la inversión en agricultura. A continuación pueden observarse los resultados brindados por el modelo CPLEX.

Análisis de Escenarios

Valor Actual Neto	\$945.335
--------------------------	------------------

Tabla 29: Resultado de la corrida del modelo: Valor de la Función Objetivo.

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	-	Cebada	-	-	-	-
Semestre 2	Soja 2°	Maíz	-	-	-	-
Semestre 3	Cebada	Trigo	-	-	Engorde	-
Semestre 4	Girasol	Soja 1°	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 5	-	Cebada	Cría	-	Engorde	Engorde
Semestre 6	Soja 1°	Maíz	Cría	-	Engorde	Engorde

Tabla 30: Resultado de la corrida del modelo: Mapa de Actividades.

El resultado económico del periodo resulto en una disminución del 28% respecto del resultado del escenario base. Además, puede apreciarse que el modelo decide, en el cuarto semestre, optar por una actividad con costos menores al maíz (el girasol) para poder tener la liquidez necesaria para activar un lote de engorde un semestre antes que en el escenario base. Del mismo modo, en el quinto semestre, en el lote uno, no se realiza ninguna actividad puesto que el costo que conllevaría cultivar trigo impediría realizar la inversión necesaria para la actividad de cría. Esto se da teniendo en cuenta que se restringió la posibilidad de repetir cultivos en años consecutivos. En ese tercer semestre, de todas formas, está contemplado el pago del alquiler del lote.

Bajos Rindes de Agricultura

Para este escenario se planteo una baja en los rindes para agricultura en dos años consecutivos. En 2013 se planteo una baja de los mismos de 4 desvíos estándar respecto del valor medio. Esto representaría el efecto de una sequia y representa un 35% de la cosecha perdida en promedio para todos los cultivos. En 2014 se bajaron los rindes un desvío estándar. Así mismo, este impacto influye en los costos de la actividad de engorde puesto que se requiere comprar maíz y/o cebada para suplir lo que no pudo producirse.

A continuación pueden observarse los resultados obtenidos para estos datos.

Valor Actual Neto	\$694.813
--------------------------	------------------

Tabla 31: Resultado de la corrida del modelo: Valor de la Función Objetivo.

Análisis de Escenarios

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	Cebada	-	-	-	-	-
Semestre 2	Maíz	-	-	-	-	-
Semestre 3	Trigo	-	-	-	Engorde	-
Semestre 4	Soja 1°	-	-	-	Engorde	-
Semestre 5	Cebada	-	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 6	Maíz	Soja 1°	-	-	Engorde	Engorde

Tabla 32: Resultado de la corrida del modelo: Mapa de Actividades.

El resultado económico baja considerablemente respecto del escenario base. Es importante tener en cuenta que, aunque los costos de engorde se ven aumentados, el modelo no opta por dedicarse en su totalidad en agricultura. Por el contrario, se decide alquilar el segundo lote dedicado a agricultura recién en el último semestre, para producir soja de primera. Los márgenes de agricultura continúan siendo, en este caso, superiores globalmente a los del engorde.

4.3.2 Escenarios Optimistas

Suba de precios de Agricultura

En este escenario se subieron progresivamente los precios de agricultura hasta 2 desvíos estándar de variación respecto de los del escenario base. Este escenario afectará también el resultado de la actividad de engorde al igual que en los escenarios pesimistas, o sea aumentando el costo de alimentación del engorde.

El resultado esperable de este escenario es muy parecido al escenario base. Esto se debe a que se están beneficiando las actividades que ya eran las elegidas por el modelo.

Valor Actual Neto	\$1.820.710
--------------------------	-------------

Tabla 33: Resultado de la corrida del modelo: Valor de la Función Objetivo.

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	-	Cebada	-	-	-	-
Semestre 2	Soja 2°	Maíz	-	-	-	-
Semestre 3	Cebada	Trigo	-	-	Engorde	-
Semestre 4	Maíz	Soja 1°	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 5	Trigo	Cebada	Cría	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 6	Soja 1°	Maíz	Cría	Cría	Engorde	Engorde

Tabla 34: Resultado de la corrida del modelo: Mapa de Actividades.

Luego de correr el modelo con estos datos, se observa un aumento del 39% respecto del escenario base del VAN obtenido. Así mismo, el modelo indica que se llega a invertir en los dos lotes

Análisis de Escenarios

dedicados a la Cría para el final del periodo, gracias al gran excedente del que se dispone. Teniendo en cuenta que los costos de la actividad de engorde acompañan a los precios de la actividad agrícola, podemos decir que esta actividad se vuelve más rentable que el Engorde en el último periodo.

Suba de Rindes Agricultura

Para este escenario se estableció un aumento progresivo de los rindes de agricultura. Los rindes se aumentaron hasta 2 desvíos estándar teniendo en cuenta los datos analizados inicialmente en esta sección. De igual modo, se aclara que esto afecta los costos de agricultura reduciendo los mismos.

Valor Actual Neto	\$1.819.253
--------------------------	--------------------

Tabla 35: Resultado de la corrida del modelo: Valor de la Función Objetivo.

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	Cebada	-	-	-	-	-
Semestre 2	Maíz	Soja 2°	-	-	-	-
Semestre 3	Trigo	Cebada	-	-	Engorde	-
Semestre 4	Soja 1°	Maíz	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 5	Cebada	Trigo	Cría	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 6	Maíz	Soja 1°	Cría	Cría	Engorde	Engorde

Tabla 36: Resultado de la corrida del modelo: Mapa de Actividades.

El resultado obtenido en este escenario es similar al anterior y el resultado supera en un 39% al del resultado base. Se destaca de igual forma que al existir la restricción de un mínimo de 2 periodos consecutivos para Cría el modelo opta por invertir en esta actividad en el 5to semestre puesto que de invertir ese capital en Engorde nunca se hubiera activado la actividad de Cría y el resultado global hubiese sido inferior.

Aumento del precio del animal en pie

En este escenario se beneficia la producción ganadera, tanto de cría como de engorde, por medio de un aumento del valor proyectado de comercialización de los animales en pie. Se aumenta dos desvíos estándar para arriba este precio de venta progresivamente a lo largo de los tres años de proyecto.

Valor Actual Neto	\$1.472.872
--------------------------	--------------------

Tabla 37: Resultado de la corrida del modelo: Valor de la Función Objetivo.

Análisis de Escenarios

	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Semestre 1	Cebada	-	-	-	-	-
Semestre 2	Maíz	Soja 2°	-	-	-	-
Semestre 3	Trigo	Cebada	-	-	Engorde	-
Semestre 4	Soja 2°	Maíz	-	-	Engorde	Engorde
Semestre 5	Cebada	Trigo	-	Cría	Engorde	Engorde
Semestre 6	Maíz	Soja 1°	-	Cría	Engorde	Engorde

Tabla 38: Resultado de la corrida del modelo: Mapa de Actividades.

A pesar de este aumento significativo en los precios de venta, no se presenta un cambio en la estrategia de producción que toma el modelo. Esto se debe a que el aumento de precios no llega a beneficiar lo suficiente a la ganadería para que esta sea una actividad más productiva que la mayoría de los cultivos. De cualquier manera se presenta un resultado un 12,5% superior al del escenario base.

Se reafirma así la mayor seguridad en la estrategia que plantea el escenario básico.

4.3.3 Conclusiones del Análisis de Escenarios.

Se analizó un conjunto de escenarios que resultaron significativos dados los resultados de la corrida base del modelo. Se varió en cada uno un único aspecto del modelo con el fin de medir el impacto en el resultado final y la estrategia óptima. Hay que destacar que el modelo elige de acuerdo a la información que se le presenta, o sea conociendo rindes, costos y precios futuros para cada escenario. De esta manera la estrategia óptima para los escenarios resulta el ideal para cada caso particular, pero no sería realista pensar que un inversor se pueda adaptar de esta manera a un contexto cambiante. Resulta más lógico pensar que contará con una única estrategia con una leve variación de acuerdo a las condiciones que se le presenten.

Con esto, se estudio la viabilidad del modelo base para los distintos escenarios. Se puede concluir que la estrategia base que se centra en la producción de Cebada, Soja, Maíz y en última instancia Engorde resulta la más acertada. A pesar de presentarse años de bajos rindes agrícolas o beneficios al engorde la estrategia más acertada sigue siendo la misma. Solo en el caso de una abrupta baja en los precios internacionales de los commodities alimenticios resulta más rentable el engorde ganadero, por estar este atado al consumo interno.

Capítulo 5: Conclusiones y futuras líneas de investigación

En este capítulo, se buscará resumir los aspectos más relevantes del proyecto, a la vez que se analizarán las dificultades a la hora de llevar a cabo un estudio de esta índole. Del mismo modo, se incluirán ideas para futuras mejoras para el modelo.

5.1 Conclusiones

En lo que refiere a la obtención de los datos para el modelo, se requirió una extensa investigación en pos de hallar la información requerida para generar el análisis posterior. La aleatoriedad de algunas de estas variables (rindes, retenciones, etc.) hizo que las proyecciones de las mismas requieran incurrir en una serie de supuestos que condicionaron de forma significativa los resultados de todo el análisis. Sin duda estas proyecciones no se ajustaron de manera exacta a la realidad, pero sirven como base para estudiar el comportamiento más probable de las mismas en un mediano plazo. Esta es una de las razones por las que no se optó por realizar un estudio más extenso en el tiempo, de esta manera se logró una mayor precisión en el análisis.

Al momento de consultar las distintas fuentes de información se pudo notar que en la mayoría de los casos no se realiza un análisis de mediano o largo plazo y se toman las decisiones sumergidos en un contexto de inmediatez. Esta forma de análisis se puede explicar por la alta variabilidad de los factores externos a la propia explotación, como cambios en legislaciones, intervención de mercados, cambios arancelarios y los nuevos actores internacionales.

Por el lado del modelo, fue importante determinar cómo encarar el planteo del problema en términos matemáticos coherentes con las limitaciones que pudiese tener un software de programación lineal. En el caso particular de este proyecto, se utilizó el IBM ILOG CPLEX que presentaba un límite al número de restricciones que podían plantearse. Esto junto a la capacidad de procesamiento de variables del programa, hizo que se optase por un planteo de programación lineal mixta por lotes en contraposición a uno de programación continua que pudiese determinar un número de hectáreas a trabajar. Este modelo podría profundizarse de no encontrarse las limitaciones anteriormente mencionadas, agregando una mayor cantidad de lotes más pequeños que permitan un estudio más fino de las variables.

Es importante mencionar que la decisión de definir el modelo en base a lotes de producción responde a la necesidad de hallar un algoritmo que independientemente de las variables de entrada pueda encontrar una solución óptima. De este modo se llegó a un modelo adaptable a distintas situaciones dependiendo solamente de la investigación previa a la utilización del mismo.

Se destaca también, que el modelo, una vez armado, permite obtener una rápida respuesta frente a cambios en el contexto en el que se aplica pudiendo reutilizarse a medida que se va obteniendo mayor y mejor información. Esto permite ir corroborando la estrategia de inversión que se ha implementado.

Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

Con el fin de salvar posibles errores provenientes de las proyecciones de las variables, se generó el planteo de diversos escenarios. Esto implica contemplar las variaciones no tenidas en cuenta anteriormente para determinar los posibles cambios en la estrategia inversora.

5.2 Futuras líneas de investigación

En el presente estudio, se ha desarrollado la base de un modelo automatizado, que permite elegir el mejor mapa de inversiones posibles a realizar, a la hora de invertir en un campo. Aún cuando se puede, cambiando los datos de entrada, analizar los casos para otros cultivos u otras configuraciones de lotes, el modelo no está completo. En este apartado se mencionaran algunas mejoras posibles para el modelo.

En primer lugar, la cantidad de actividades analizadas es escasa. En el caso de los cultivos, se propone el armado de una base de datos con todos los cultivos posibles para las áreas o zonas en las que se pretenda aplicar el modelo y sus proyecciones de precios y costos. De ser posible, dicha base debería estar sincronizada con algún sitio del cual se puedan obtener las proyecciones, de modo de tener una permanente actualización para el momento en el que se quiera realizar una corrida.

Algo importante a tener en cuenta, es también el monto de la inversión inicial: aunque para el modelo se tomó una inversión fija que puede variar según los datos ingresados por el usuario, se podría modificar la programación de modo tal que se considere como inversión máxima un monto ingresado por el cliente, y luego se diferencie el monto que realmente se necesitará, período a período. Esto permitiría utilizar el capital excedente en otros proyectos ajenos a este estudio. Adicionalmente, se podría pedir al modelo que presente el mejor ratio Inversión / VAN.

Del mismo modo, no se contempla la posibilidad de endeudarse. Se podría incluir entonces la posibilidad de ingresar un monto hasta el cual uno está dispuesto a endeudarse, y que luego el modelo determine cuál es la cantidad necesaria a pedir en calidad de préstamo. En este caso en particular, deberían incluirse para el flujo de fondos los distintos movimientos que esto implica, desde prestamos hasta pagos de deuda e intereses, incluso pudiendo modificar, mediante el uso de variables binarias, el tipo de cuota a pagar (préstamo francés, alemán, etc).

Las limitaciones del software utilizado representan otro problema. De conseguir tecnología más avanzada, se podría llegar a analizar un número mayor de lotes, presentando características diversas para los mismos. O incluso se podría analizar los casos para los cuales no toda la producción se venda a precio de mercado, sea por descuentos a clientes u otros factores.

No debemos olvidar que el presente modelo es acotado en el tiempo. Aún cuando no se aconseja trabajar con proyecciones de datos en intervalos de tiempo más extendidos, se podría modificar la programación lineal para tener un mayor alcance cronológico. Esto haría que los rindes de los terrenos sean variables en el tiempo, por lo que habría que añadir un nuevo conjunto de restricciones que modifiquen los rindes según la secuencia de cultivos utilizada. Esto en particular, requiere de un trabajo conjunto extensivo con un ingeniero agrónomo.

Bibliografía

Capítulo 6: Bibliografía

Libros

Winston, Wayne L. 2004. Investigación de Operaciones (Cuarta edición), 1430 páginas. Editorial Thomson. ISBN 970-686-362-1

Pérez de Solay, Martin 2010. Proyectos de Inversión, Libro de Cátedra. ITBA

Schujman, Lara C. 2011; Optimización de la Producción en Cabaña la Blanqueada. Tesis de Grado Ingeniería Industrial

Publicaciones

Revista Agro Mercado: Agro Mercado, Marzo 2012, 11/12. Revista Agro Mercado N° 323 y 323

Paginas Web Consultadas

CME Group; 2012; Self-Study Guide to Hedging with Grain and Oilseed Futures and Options.

http://www.cmegroup.com/trading/agricultural/files/AC-216_HedgersGuideNewBoilerplate.pdf

Ing. Agr. Javier Pognante; Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini; Ing. Agr. Ph.D. Cristiano Casini; 2011; Siembra directa – Actualización Técnica nro. 58. <http://inta.gob.ar/documentos/siembra-directa/>

Ing. Agr. (M.Sc.) Mario Bragachini; Ing. Agr. (Ph.D.) Cristiano Casini; Ing. Agr. Alejandro Saavedra; 2011; Evolución del Sistema Productivo Agropecuario Argentino.

<http://inta.gob.ar/documentos/evolucion-del-sistema-productivo-agropecuario-argentino-1>

Pagina web Food and Alimentation Organization: www.fao.org

(Marzo 2012 – Mayo 2012)

Pagina Web Sistema Integrado de Información Agropecuaria:

<http://www.siiia.gov.ar/index.php/servicios/series-y-estadisticas>

(Marzo 2012 - Mayo 2012)

Federación Argentina de Contratistas de Maquinaria Agrícola (FACMA), 2012, Lista de Precios Orientativos Vigentes (Soja, Girasol, Trigo y Cebada) 2012.

http://www.facma.com.ar/costos_operativos.htm. Pagina vigente al 10/04/12

Maizar, 2006. Maíz la oportunidad que no debemos perder, Usos del Maíz.

<http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=350>

ViaRural, 2007. Agricultura: Maíz, Trigo, Soja, Cebada y Girasol. <http://www.viarural.com.ar/>.

Anexos

Capítulo 7: Anexos

7.1 Apertura de Costos

7.1.1 Soja 1°

Categoría	Costo	Unidad	u\$/Un	Un/hect	u\$/hect
Semilla	Semilla	kg	0,30	75	22,59
Servicios	Siembra	Hect	32,5	1	32,5
Herbicida	Roundup full	lit	5	1,7	8,5
Herbicida	Roundup Ultra max	Kg	6	3	18
Insecticida	Coragem	lit	285	0,02	5,7
Herbicida	Metsulfuron	Kg	45	0,006	0,27
Funguicida	Fungicida + ceite agricola	dosis	16	1	16
Fertilizante	Arrancador Super fosfato simple (SFS)	Kg	0,3	50	15
Insecticida	Cipermetrina	lit	5,5	0,2	1,1
Insecticida	Control de Chinchas	dosis	9	1	9
Insecticida	Cont.Oruga. -Coragen	lit	285	0,02	5,7
Funguicida	Carbendazim	lit	6	1	6
Servicios	Pulverizacion/Fumigacion	Hect	4,6	4	18,3
Servicios	Cosecha	Hect	85,3	1	85,3
Herbicida	24D80%	lit	8	0,3	2,4
Servicios	Fumigacion Barbecho	hect	5,48	1	5,48
Barbecho		hect	8,62	1	8,62
Servicios	Fertilizacion	hect	5	1	5

Tabla 39: Distribución costos Soja 1°

7.1.2 Soja 2°

Categoría	Costo	Unidad	u\$/Un	Un/hect	u\$/hect
Semilla	Semilla	kg	0,30	75	22,59
Servicios	Siembra	Hect	32,5	1	32,5
Herbicida	glifosato	lit	6	3	18
Insecticida	Coragem	lit	285	0,02	5,7
Funguicida	Fungicida + ceite agricola	dosis	16	1	16
Fertilizante	Arrancador Super fosfato simple (SFS)	Kg	0,3	50	15
Insecticida	Cipermetrina	lit	5,5	0,2	1,1
Funjicida	funjicida varios	lit	76	0,3	22,8
Servicios	Pulverizacion/Fumigacion	Hect	4,6	3	13,7
Servicios	Cosecha	Hect	74,2	1	74,2
Herbicida	24D80%	lit	8	0,3	2,4
Servicios	Fertilizacion	hect	5	1	5

Tabla 40: Distribución costos Soja 2°

Anexos

7.1.3 Maíz

Categoría	Producto	Unidad	u\$/un.	U/Hect	u\$/hect
Herbicida	Roundup full	lts	5	1,5	7,5
Herbicida	Roundup Ultra max	Kg	4,74	2,5	11,85
Herbicida	Atrazina	Kg	5,135	1	5,135
Insecticida	Cipermetrina	lts	5,5	0,2	1,1
Herbicida	Metolaclor	lts	8,69	1	8,69
Fertilizante	Arrancador Super Fosfato Simple (SFS)	Kg	0,3	39,5	11,9
Fertilizante	Sol Mix	Kg	0,36	250	88,9
Semilla	Semilla	bolsas	135	1	135,0
Servicio	Siembra	hect	32,5	1	32,5
Servicio	Cosecha	hect	109,2	1	109,2
Servicio	Aplicación Sol Mix	hect	5,542	1	5,54
Servicio	Fumigación Barbecho	hect	5,48	1	5,48
Servicio	Fumigación/Pulverización	hect	4,58	3	13,735
Servicio	Fertilización	hect	5	1	5
Barbecho		hect	6,62	1	6,62
Funguicida	Funguicida	lts	31,5	0,5	15,75

Tabla 41: Distribución costos Maíz

7.1.4 Trigo

Categoría	Costo	Unidad	u\$/Un	Un/hect	U\$/hect
Servicios	Siembra	Hect	32,5	1	32,5
Servicios	Fumigacion/Pulverización	Hect	4,578	4	18,3
Servicios	Cosecha	Hect	75,7	1	75,7
Servicios	Fumigación Barbecho	hect	5,48	1	5,5
Servicios	Fertilización	hect	5	1	5,0
Semilla	Semilla	bolsas de 50Kg	22	2	44,0
Herbicida	24D80%	lit	8	0,5	4,0
Herbicida	Metsulfuron	kg	45	0,006	0,3
Herbicida	glifosato	lit	3	2,5	7,5
Funguicida	Fungicida	lit	31,5	0,5	15,8
Fertilizante	Urea granulada	kg	0,61	100	61,0
Insecticida	Dimetoato	lit	6,5	0,3	2,0
Barbecho		hect	6,35	1	6,4
Herbicida	Misil	lit	32,7	0,1	3,3
Fertilizante	Fosfato Diamonico (PDA)	kg	0,765	84	64,3
Insecticida	cipemetrina	lit	9	0,1	0,9

Tabla 42: Distribución costos Trigo

Anexos

7.1.5 Girasol

Categoría	Costo	Unidad	u\$/Un	Un/hect	U\$/hect
Servicios	Siembra	Hect	32,5	1	32,5
Servicios	Fumigacion/Pulverizacion	Hect	4,578	4	18,3
Servicios	Cosecha	Hect	63,2	1	63,2
Servicios	Fumigacion Barbecho	hect	5,48	1	5,5
Servicios	Fertilizacion	hect	5	1	5,0
Semilla	Semilla	bolsas de 50Kg	474,357	0,08	37,9
Herbicida	Twin Pack	lit	18,75	2	37,5
Herbicida	graminicida/clearsol	lit	73,7	0,2	14,7
Herbicida	glifosato	lit	3	4	12,0
Funguicida	Funguicida	lit	16	0,5	8,0
Insecticida	Detametrina 5%	lit	15	0,2	3,0
Barbecho		hect	6,35	1	6,4
Fertilizante	Fosfato Diamonico (PDA)	kg	0,765	60	45,9

Tabla 43: Distribución costos Girasol

7.1.6 Cebada

Categoría	Costo	Unidad	u\$/Un	Un/hect	U\$/hect
Servicios	Siembra	Hect	32,5	1	32,5
Servicios	Fumigacion/Pulverizacion	Hect	4,578	4	18,3
Servicios	Cosecha	Hect	0,0	1	0,0
Servicios	Fumigacion Barbecho	hect	5,48	1	5,5
Servicios	Fertilizacion	hect	5	1	5,0
Semilla	Semilla	kg	0,4	70	28,0
Herbicida	Metsulfuron Matil 60%	kg	34	0,09	3,1
Herbicida	Dicamba 58%	lit	15,5	0,15	2,3
Herbicida	glifosato	lit	6	2,5	15,0
Funguicida	Carbendazim	lit	6	0,8	4,8
Insecticida	Cipemetrina	lit	5,5	0,1	0,6
Barbecho		hect	6,62	1	6,6
Fertilizante	Urea granulada	kg	0,61	100	61,0
Insecticida	Dimetoato		3,85	0,4	1,5

Tabla 44: Distribución costos Cebada

Anexos

7.2 Costo Servicio de Cosecha por Rinde de Cultivo

EQUIPOS PARA LOS CUALES SE BASA EL COSTO			
Cultivo	Cosechadora	Rendimiento de Calculo (Kg/Hect)	Capacidad Operativa (Hect/Hora)
Girasol	B 280 HP	2000	5,36
Trigo	B 280 HP	2400	5,19
Soja	B 280 HP	2400	4,39
Maiz	B 280 HP	7000	3,86

Tabla 45: Equipos de cosecha

Rindes (Q/Hect)	\$/Hect			u\$s/Hect		
	GIRASOL	TRIGO/CEBADA	SOJA	GIRASOL	TRIGO/CEBADA	SOJA
10	233,4	245,4	279,6	53,6	60,5	64,2
12	240,8	245,4	286,1	55,3	60,5	65,7
14	248,6	245,4	292,8	57,1	60,5	67,2
16	256,9	245,4	299,9	59,0	60,5	68,8
18	265,7	245,4	307,3	61,0	60,5	70,5
20	275,3	245,4	315,1	63,2	60,5	72,3
22	285,5	252,6	323,3	65,5	62,3	74,2
24	296,5	260,3	331,9	68,1	64,2	76,2
26	308,4	268,5	341,0	70,8	66,2	78,3
28	321,3	277,2	350,6	73,8	68,3	80,5
30	335,3	286,6	360,8	77,0	70,6	82,8
32	-	296,5	371,6	-	73,1	85,3
34	-	307,2	383,0	-	75,7	87,9
36	-	318,7	395,2	-	78,5	90,7
38	-	331,0	408,2	-	81,6	93,7
40	-	344,4	422,1	-	84,9	96,9
42	-	358,9	436,9	-	88,5	100,3
44	-	374,6	452,8	-	92,3	103,9
46	-	391,8	469,9	-	96,6	107,9
48	-	410,7	488,4	-	101,2	112,1
50	-	431,5	508,4	-	106,3	116,7

Tabla 46: Costos servicio de cosecha

Anexos

MAIZ		
Rindes (Q/Hect)	\$/Hect	u\$/Hect
46	393,6	90,35
50	402,3	92,35
54	411,4	94,44
58	420,9	96,62
62	430,9	98,91
66	441,3	101,30
70	452,3	103,83
74	463,8	106,47
78	475,9	109,24
82	488,6	112,16
86	502,1	115,26
90	516,4	118,54
94	531,4	121,98
98	547,4	125,66
102	564,3	129,54
106	582,4	133,69
110	601,6	138,10
114	622,2	142,83
118	644,2	147,88
122	667,8	153,30
126	693,2	159,13
130	720,6	165,42

Tabla 47: Costos servicio de cosecha

Anexos

7.3 Superficie cultivada por actividad

Año	Cebada	Maíz	Soja	Girasol	Trigo
1961	741.500	2.744.400	980	898.000	4.420.900
1962	360.900	2.756.670	9.649	1.197.000	3.744.700
1963	695.100	2.645.400	19.302	756.000	5.676.000
1964	552.600	2.970.500	12.220	733.000	6.135.400
1965	383.700	3.062.300	16.422	1.015.000	4.601.200
1966	410.700	3.274.500	15.689	1.023.000	5.213.600
1967	496.200	3.450.500	17.290	1.242.000	5.811.600
1968	538.800	3.377.700	20.200	1.054.000	5.837.200
1969	457.000	3.556.000	28.200	1.189.000	5.191.300
1970	356.200	4.017.330	25.970	1.347.000	3.700.800
1971	478.800	4.066.000	36.330	1.313.000	4.294.640
1972	601.200	3.147.200	68.000	1.286.500	4.965.100
1973	501.600	3.565.400	157.030	1.337.900	3.957.900
1974	368.700	3.486.000	334.440	1.189.800	4.233.000
1975	438.800	3.070.000	355.940	1.005.000	5.270.600
1976	476.100	2.765.900	433.500	1.258.400	6.794.900
1977	310.000	2.532.000	660.000	1.227.000	4.153.000
1978	355.000	2.660.000	1.150.000	2.000.000	4.868.600
1979	246.000	2.800.000	1.600.000	1.557.000	4.911.800
1980	172.600	2.490.000	2.030.000	1.855.000	5.113.400
1981	114.700	3.394.000	1.880.000	1.280.000	5.972.300
1982	118.900	3.170.000	1.985.600	1.673.000	7.364.200
1983	96.300	2.970.000	2.280.700	1.902.000	7.123.800
1984	107.200	3.024.800	2.910.000	1.989.000	5.929.800
1985	75.700	3.340.000	3.269.000	2.360.000	5.404.300
1986	76.255	3.231.000	3.316.000	3.046.000	4.914.100
1987	131.138	2.900.000	3.532.650	1.735.100	4.828.900
1988	139.160	2.437.500	4.373.200	2.032.000	4.686.620
1989	162.030	1.683.700	3.931.250	2.215.980	5.307.270
1990	148.900	1.560.330	4.961.600	2.688.700	5.817.300
1991	233.480	1.900.100	4.774.500	2.301.150	4.584.550
1992	228.700	2.365.440	4.935.710	2.602.180	4.295.200
1993	198.850	2.503.010	5.116.240	2.059.750	4.811.300
1994	149.260	2.445.040	5.748.910	2.152.550	5.262.580
1995	217.880	2.521.750	5.934.160	2.954.500	4.932.950
1996	249.860	2.603.720	5.913.420	3.235.630	7.182.040
1997	323.000	3.410.390	6.393.780	3.007.470	5.783.030
1998	212.165	3.185.390	6.954.120	3.331.400	5.471.860
1999	184.605	2.514.650	8.180.000	4.067.870	6.222.980
2000	247.830	3.088.720	8.637.500	3.477.120	6.475.700
2001	246.490	2.815.500	10.400.200	1.903.930	6.887.970
2002	250.760	2.420.120	11.405.200	2.014.920	6.089.630
2003	334.348	2.322.860	12.420.000	2.324.510	5.782.070
2004	275.307	2.338.600	14.304.500	1.835.240	6.123.570
2005	267.450	2.783.440	14.032.200	1.922.910	5.028.140
2006	337.592	2.447.170	15.130.000	2.167.070	5.589.230
2007	419.180	2.838.070	15.981.300	2.351.350	5.831.680
2008	575.800	3.412.160	16.387.400	2.569.140	4.334.780
2009	509.150	2.353.180	16.767.500	1.820.030	3.325.460
2010	753.310	2.902.750	18.130.900	1.489.040	4.373.440

Tabla 48: Superficie cultivada (por cultivo)

Anexos

7.4 Demanda anual por cultivo (Argentina)

Año	Cebada	Carne	Maíz	Soja	Girasol	Trigo
1991	520.460	1.462	3.788.229	6.430.573	3.662.507	4.500.602
1992	409.858	9.725	4.610.091	8.193.476	3.371.090	3.937.985
1993	338.931	2.034	6.032.014	8.617.142	2.776.113	3.959.325
1994	245.992	-21.133	6.207.643	8.810.627	3.511.716	6.251.782
1995	379.429	-39.694	5.407.213	9.583.276	4.957.507	2.655.458
1996	540.313	-27.564	4.106.417	10.393.286	4.978.635	12.574.776
1997	835.789	-18.895	4.583.836	11.294.766	5.401.111	6.295.496
1998	413.863	13.210	6.927.172	16.351.828	5.104.348	2.230.077
1999	293.938	2.354	5.618.889	17.228.666	6.193.167	6.682.431
2000	702.127	3.185	5.942.498	16.251.214	5.799.629	5.127.702
2001	328.831	5.534	4.430.994	19.844.606	3.104.612	4.637.442
2002	437.017	2.702	5.230.342	24.097.284	3.501.764	3.347.601
2003	939.369	2.566	3.134.682	26.447.097	3.487.820	8.541.006
2004	698.023	-6.199	4.260.665	25.616.428	3.143.920	6.162.895
2005	474.085	-6.672	5.841.370	29.075.322	3.566.454	2.291.047
2006	878.782	-7.776	4.047.099	33.376.980	3.734.813	4.965.563
2007	958.554	-1.893	6.769.308	37.885.690	3.472.541	6.841.079
2008	730.021	-5.834	6.639.594	37.396.270	4.631.268	-263.576
2009	353.584	-6.050	4.589.400	27.525.614	2.614.731	3.733.188

Tabla 49: Demanda Satisfecha localmente = Prod – Expo +Impo En los casos negativos se exporto producción de años anteriores.

Anexos

7.5 Precios Futuros

Mes - Año	Maíz	Soja	Trigo	Ganado Vivo
may-12	258	522	242	-
jun-12	-	-	-	2.600
jul-12	256	525	246	-
ago-12	-	522	-	2.667
sep-12	225	514	252	-
oct-12	-	-	-	2.800
nov-12	-	509	-	-
dic-12	215	-	260	2.844
ene-13	-	508	-	-
feb-13	-	-	-	2.844
mar-13	220	501	265	-
abr-13	-	-	-	2.867
may-13	223	494	268	-
jun-13	-	-	-	2.778
jul-13	226	493	268	-
ago-13	-	484	-	2.822
sep-13	216	472	272	-
nov-13	-	462	-	-
dic-13	215	-	278	-
ene-14	-	464	-	-
mar-14	219	464	279	-
may-14	222	464	282	-
jun-14	-	-	-	-
jul-14	223	465	275	-
ago-14	-	464	-	-
sep-14	215	460	-	-
nov-14	-	453	-	-
dic-14	211	-	-	-
jul-15	218	456	-	-
nov-15	-	442	-	-
dic-15	212	-	-	-

Tabla 50: Precios futuros para soja, maíz, trigo y ganado vivo.

7.6 Condiciones contractuales de precios futuros

Soybeans Futures

[Quotes](#) | [Contract Specifications](#) | [Performance Bonds / Margins](#) | [Product Calendar](#) | [Learn More](#)

Futures		Options	
Soybean Futures			
Contract Size	5,000 bushels (~136 metric tons)		
Deliverable Grade	#2 Yellow at contract price, #1 Yellow at a 6 cent/bushel premium, #3 Yellow at a 6 cent/bushel discount		
Pricing Unit	Cents per bushel		
Tick Size (minimum fluctuation)	1/4 of one cent per bushel (\$12.50 per contract)		
Contract Months/Symbols	January (F), March (H), May (K), July (N), August (Q), September (U) & November (X)		
Trading Hours	CME Globex (Electronic Platform)	6:00 pm - 7:15 am and 9:30 am - 1:15 pm Central Time, Sunday - Friday	
	Open Outcry (Trading Floor)	9:30 am - 1:15 pm Central Time, Monday - Friday	
Daily Price Limit	\$0.70 per bushel expandable to \$1.05 and then to \$1.60 when the market closes at limit bid or limit offer. There shall be no price limits on the current month contract on or after the second business day preceding the first day of the delivery month.		
Settlement Procedure	Physical Delivery		
Last Trade Date	The business day prior to the 15th calendar day of the contract month.		
Last Delivery Date	Second business day following the last trading day of the delivery month.		
Product Ticker Symbols	CME Globex (Electronic Platform)	ZS	S=Clearing
	Open Outcry (Trading Floor)	S	
Exchange Rule	These contracts are listed with, and subject to, the rules and regulations of CBOT.		

Corn Futures

[Quotes](#) | [Contract Specifications](#) | [Performance Bonds / Margins](#) | [Product Calendar](#) | [Learn More](#)

Futures		Options	
Corn Futures			
Contract Size	5,000 bushels (~127 Metric Tons)		
Deliverable Grade	#2 Yellow at contract Price, #1 Yellow at a 1.5 cent/bushel premium #3 Yellow at a 1.5 cent/bushel discount		
Pricing Unit	Cents per bushel		
Tick Size (minimum fluctuation)	1/4 of one cent per bushel (\$12.50 per contract)		
Contract Months/Symbols	March (H), May (K), July (N), September (U) & December (Z)		
Trading Hours	CME Globex (Electronic Platform)	6:00 pm - 7:15 am and 9:30 am - 1:15 pm central time, Sunday - Friday Central Time	
	Open Outcry (Trading Floor)	9:30 am - 1:15 pm Monday - Friday Central Time	
Daily Price Limit	\$0.40 per bushel expandable to \$0.60 when the market closes at limit bid or limit offer. There shall be no price limits on the current month contract on or after the second business day preceding the first day of the delivery month.		
Settlement Procedure	Physical Delivery		
Last Trade Date	The business day prior to the 15th calendar day of the contract month.		
Last Delivery Date	Second business day following the last trading day of the delivery month.		
Product Ticker Symbols	CME Globex (Electronic Platform)	ZC	C=Clearing
	Open Outcry (Trading Floor)	C	
Exchange Rule	These contracts are listed with, and subject to, the rules and regulations of CBOT.		

Wheat Futures

[Quotes](#) | [Contract Specifications](#) | [Performance Bonds / Margins](#) | [Product Calendar](#) | [Learn More](#)

Futures		Options	
Wheat Futures			
Contract Size	5,000 bushels (~136 Metric Tons)		
Deliverable Grade	#2 Soft Red Winter at contract price, #1 Soft Red Winter at a 3 cent premium, other deliverable grades listed in Rule 14104.		
Pricing Unit	Cents per bushel		
Tick Size (minimum fluctuation)	1/4 of one cent per bushel (\$12.50 per contract)		
Contract Months/Symbols	March (H), May (K), July (N), September (U) & December (Z)		
Trading Hours	CME Globex (Electronic Platform)	6:00 pm - 7:15 am and 9:30 am - 1:15 pm Central Time, Sunday - Friday	
	Open Outcry (Trading Floor)	9:30 am - 1:15 pm Central Time, Monday - Friday	
Daily Price Limit	\$0.60 per bushel expandable to \$0.90 and then to \$1.35 when the market closes at limit bid or limit offer. There shall be no price limits on the current month contract on or after the second business day preceding the first day of the delivery month.		
Settlement Procedure	Daily Wheat Settlement Procedures (PDF)		
Last Trade Date	The business day prior to the 15th calendar day of the contract month.		
Last Delivery Date	Second business day following the last trading day of the delivery month.		
Product Ticker Symbols	CME Globex (Electronic Platform)	ZW	W=Clearing
	Open Outcry (Trading Floor)	W	
Exchange Rule	These contracts are listed with, and subject to, the rules and regulations of CBOT.		

Live Cattle Futures

[Quotes](#) | [Contract Specifications](#) | [Performance Bonds / Margins](#) | [Product Calendar](#) | [Learn More](#)

Futures		Options	
Live Cattle Futures			
Contract Size	40,000 pounds (~18 metric tons)		
Product Description	55% Choice, 45% Select, Yield Grade 3 live steers		
Pricing Unit	Cents per pound		
Tick Size (minimum fluctuation)	\$.0025 per pound (=510 per contract)		
Daily Price Limits	\$.03 per pound above or below the previous day's settlement price		
Trading Hours (All times listed are Central Time)	CME Globex (Electronic Platform)	MON 9:05 a.m. - FRI 1:55 p.m. Central Time Daily trading halts 4:00 p.m. - 5:00 p.m. Central Time	
	Open Outcry (Trading Floor)	MON-FRI: 9:05 a.m. - 1:00 p.m. Central Time	
Last Trade Date/Time	Last business day of the contract month, 12:00 p.m.		
Contract Months	Feb, Apr, Jun, Aug, Oct, Dec		
Settlement Procedure	Physical Delivery See CME Rule 10103.		
Position Limits	Non-Spot: 6,300 contracts in any contract month Spot: 450/300 contracts All months combined: n/a See CME Rule: 10102.E		
Ticker Symbol View Product Codes View Vendor Codes	CME Globex (Electronic Platform)	LE	48=Clearing
	Open Outcry (Trading Floor)	LC	
Rulebook Chapter	101		
Exchange Rule	These contracts are listed with, and subject to, the rules and regulations of CME.		

Anexos

7.7 Precios Futuros del NCDEX

Producto	Fecha de Contrato	Precio en U\$S/TN
Cebada	20 Apr 2012	312
Cebada	18 May 2012	320
Cebada	20 Jun 2012	326
Cebada	20 Jul 2012	331
Maíz	20 Apr 2012	242
Maíz	18 May 2012	248
Maíz	20 Jun 2012	254
Maíz	20 Jul 2012	262
Soja	20 Apr 2012	601
Soja	18 May 2012	612
Soja	20 Jun 2012	616
Soja	20 Jul 2012	622
Soja	17 Aug 2012	628
Trigo	20 Apr 2012	244
Trigo	18 May 2012	249
Trigo	20 Jun 2012	253
Trigo	20 Jul 2012	256
Trigo	17 Aug 2012	260
Trigo	20 Sep 2012	265

Tabla 51: Precios futuros según el NCDEX.

7.8 Especificaciones contractuales de NCDEX

Contract specifications of Maize - Feed/Industrial Grade (Updated on February 23, 2012)		Contract Specifications of Wheat (Applicable for contracts expiring in December 2011 and thereafter) (Updated on March 16, 2012)															
Type of Contract	Futures Contract	Type of Contract	Futures Contract														
Name of Commodity	Maize - Feed/Industrial Grade	Name of Commodity	Wheat														
Ticker symbol	MAIZE	Ticker symbol	WHTSMQDELI														
Trading System	NCDEX Trading System	Trading System	NCDEX Trading System														
Basis	Ex-warehouse Nizamabad inclusive of all taxes and fees	Basis	Ex- Warehouse Delhi inclusive of all taxes														
Unit of trading	10 MT	Unit of trading	10 MT														
Delivery unit	10 MT	Delivery unit	10 MT														
Maximum Order Size	500 MT	Maximum Order Size	500 MT														
Quotation/base value	Rs. Per Quintal	Quotation/base value	Rs/Quintal														
Tick size	Re.1.00	Tick size	Rs. 1.00														
Quality specification	<p>Maize with the following Specifications :-</p> <table border="1"> <tr> <td>Count</td> <td>Up to 400 grains per 100 grams basis</td> </tr> <tr> <td>Foreign matter</td> <td>2% max</td> </tr> <tr> <td>Broken, Damaged/slightly damaged and Immature</td> <td>5% max. Out of this, fungus affected grains not more</td> </tr> </table>	Count	Up to 400 grains per 100 grams basis	Foreign matter	2% max	Broken, Damaged/slightly damaged and Immature	5% max. Out of this, fungus affected grains not more	<table border="1"> <tr> <td>1.</td> <td>Damaged Kernel (Other than infestation damaged)</td> <td>2% max.</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>Infestation damaged Kernel</td> <td>1% basis</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>Foreign Matter (Organic/Inorganic)</td> <td>1% max (minerals not more than 0.25% and animal origins not more</td> </tr> </table>	1.	Damaged Kernel (Other than infestation damaged)	2% max.	2.	Infestation damaged Kernel	1% basis	3.	Foreign Matter (Organic/Inorganic)	1% max (minerals not more than 0.25% and animal origins not more
Count	Up to 400 grains per 100 grams basis																
Foreign matter	2% max																
Broken, Damaged/slightly damaged and Immature	5% max. Out of this, fungus affected grains not more																
1.	Damaged Kernel (Other than infestation damaged)	2% max.															
2.	Infestation damaged Kernel	1% basis															
3.	Foreign Matter (Organic/Inorganic)	1% max (minerals not more than 0.25% and animal origins not more															

Contract Specification of Barley (Updated on February 23, 2012)		Contract Specifications - Soy Bean A (Applicable for contracts expiring in the months of September, October, November, December and January)																
Type of Contract	Futures Contract	Type of contract	Futures Contract															
Name of Commodity	Barley	Name of commodity	Soy Bean															
Ticker symbol	BARLEYJPR	Ticker symbol	SYBEANIDR															
Trading System	NCDEX Trading System	Trading System	NCDEX Trading System															
Basis	Ex-warehouse Jaipur (Chomu/KukurKheda) gross basis inclusive of all local taxes and levies	Basis	Ex-Warehouse Indore exclusive of Sales taxes															
Unit of trading	10 MT	Unit of trading	10 MT															
Delivery unit	10 MT	Delivery unit	10 MT															
Maximum Order Size	500 MT	Maximum Order Size	500 MT															
Quotation/base value	Rs per quintal	Quotation/base value	Rs per quintal															
Tick size	Re. 0.50	Tick size	50 Paisa															
Quality specification	<p>Barley as per the following specification shall be acceptable for delivery :</p> <table border="1"> <tr> <td>Moisture</td> <td>10% basis</td> </tr> <tr> <td>Damaged including Discoloured (Dark Green)/ 3% haale</td> <td></td> </tr> </table>	Moisture	10% basis	Damaged including Discoloured (Dark Green)/ 3% haale		<p>Quality specification</p> <table border="1"> <tr> <td>Moisture :</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>Foreign Matters :</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>Damaged :</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>Green Seed :</td> <td>7 %</td> </tr> </table> <p>Quantity variation</p> <table border="1"> <tr> <td>Quantity variation</td> <td>+/- 2%</td> </tr> </table> <p>Delivery center</p> <table border="1"> <tr> <td>Delivery center</td> <td>Indore (within a radius of 50 km from the municipal limits) Akola, Nagpur,(Maharashtra);Itarsi, Sagar (MP); and Kota (Rajasthan)</td> </tr> </table>	Moisture :	10 %	Foreign Matters :	2 %	Damaged :	2 %	Green Seed :	7 %	Quantity variation	+/- 2%	Delivery center	Indore (within a radius of 50 km from the municipal limits) Akola, Nagpur,(Maharashtra);Itarsi, Sagar (MP); and Kota (Rajasthan)
Moisture	10% basis																	
Damaged including Discoloured (Dark Green)/ 3% haale																		
Moisture :	10 %																	
Foreign Matters :	2 %																	
Damaged :	2 %																	
Green Seed :	7 %																	
Quantity variation	+/- 2%																	
Delivery center	Indore (within a radius of 50 km from the municipal limits) Akola, Nagpur,(Maharashtra);Itarsi, Sagar (MP); and Kota (Rajasthan)																	

Anexos

7.9 Rindes promedio de Argentina

Rindes Promedio de Argentina (Tn/Ha)					
Año	Cebada	Maíz	Soja	Girasol	Trigo
1991	24,56	40,44	22,75	17,53	21,81
1992	25,5	45,24	22,92	14,13	23,27
1993	23,11	43,55	21,59	14,35	20,24
1994	23,09	42,37	20,39	19,02	21,68
1995	17,71	45,22	20,45	19,63	19,34
1996	21,47	40,4	21,05	17,18	22,43
1997	28,66	45,56	17,21	18,12	26,09
1998	25,38	60,78	26,94	16,81	23,03
1999	22,73	53,7	24,45	17,52	24,87
2000	29,15	54,33	23,31	17,46	24,93
2001	21,5	54,55	25,85	16,7	22,4
2002	21,93	60,79	26,3	19,08	20,36
2003	30,07	64,77	28,03	15,98	25,44
2004	32,5	63,93	22,08	17,22	26,36
2005	29,89	73,59	27,29	19,05	25,3
2006	37,57	59,03	26,79	17,35	26,23
2007	35,35	76,66	29,71	14,88	28,27
2008	29,35	64,53	28,22	18,1	19,63
2009	26,82	55,76	18,48	13,65	26,62
2010	39,6	78,12	29,05	14,91	34,1

Tabla 52: Rindes promedio para Argentina.

7.10 Modelo de engorde para hembras de recría

Peso al ingreso	<i>kg/cab</i>	120
Precio de compra	<i>\$/kg</i>	12,5
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Peso final	<i>kg/cab</i>	255
Desbaste	<i>%</i>	0
Precio de venta	<i>\$/kg</i>	10
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Kg ganados	<i>kg/cab</i>	135
Ingreso bruto	<i>\$/cab</i>	2550
Consumo% al peso	<i>%/pv medio</i>	6,08
Consumo medio Corregido	<i>kg/cab</i>	11,97
Conversión	<i>kg alim./kg ganad.</i>	15,96
Duración del engorde	<i>días</i>	180
Ganancia diaria	<i>Kg/dia-cab</i>	0,75
Costo de pensión	<i>\$/kg</i>	0,6
Costo de pensión	<i>\$/cab/dia</i>	0,45
Costo Kg Alimento	<i>\$/kg de mv</i>	0,216465666
Costo alimentos	<i>\$/cab</i>	466,3969236
Costo alimentación	<i>\$/cab</i>	81
Costo por Kg		4,054792027
Costo reposición	<i>\$/cab</i>	1500
Cambio de categoría	<i>\$/animal</i>	-300
Alimentación	<i>\$/animal</i>	802,6030764
TOTAL	<i>\$/animal</i>	502,6030764
Costo Total	<i>\$/animal</i>	2047,396924
Rentabilidad S/Inv. 1 Ciclo	<i>%</i>	0,245483946
Rentabilidad Anual S/Inv	<i>%</i>	50%

Tabla 53: Modelo de engorde para hembras de cría.

7.11 Modelo de engorde para hembras de engorde

Peso al ingreso	<i>kg/cab</i>	370
Precio de compra	<i>\$/kg</i>	8
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Peso final	<i>kg/cab</i>	472
Desbaste	<i>%</i>	0
Precio de venta	<i>\$/kg</i>	9,3
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Kg ganados	<i>kg/cab</i>	102
Ingreso bruto	<i>\$/cab</i>	4389,6
Consumo% al peso	<i>%/pv medio</i>	2,8
Consumo medio Corregido	<i>kg/cab</i>	12,3774
Conversión	<i>kg alim./kg ganad.</i>	10,3145
Duración del engorde	<i>días</i>	85
Ganancia diaria	<i>Kg/dia-cab</i>	1,2
Costo de pensión	<i>\$/kg</i>	0,375
Costo de pensión	<i>\$/cab/dia</i>	0,45
Costo Kg Alimento	<i>\$/kg de mv</i>	0,9041
Costo alimentos	<i>\$/cab</i>	951,1846239
Costo alimentación	<i>\$/cab</i>	38,25
Costo por Kg		9,70033945
Costo reposición	<i>\$/cab</i>	2960
Cambio de categoría	<i>\$/animal</i>	481
Alimentación	<i>\$/animal</i>	-40,8346239
TOTAL	<i>\$/animal</i>	440,1653761
Costo Total	<i>\$/animal</i>	3949,434624
Rentabilidad S/Inv. 1 Ciclo	<i>%</i>	0,111450225
Rentabilidad Anual S/Inv	<i>%</i>	48%

Tabla 54: Modelo de engorde para hembras de engorde.

7.12 Modelo de engorde para machos de cría

Peso al ingreso	<i>kg/cab</i>	120
Precio de compra	<i>\$/kg</i>	12,5
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Peso final	<i>kg/cab</i>	350,25
Desbaste	<i>%</i>	0
Precio de venta	<i>\$/kg</i>	11
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Kg ganados	<i>kg/cab</i>	230,25
Ingreso bruto	<i>\$/cab</i>	3852,75
Consumo% al peso	<i>%/pv medio</i>	6,08
Consumo medio Corregido	<i>kg/cab</i>	15,01038
Conversión	<i>kg alim./kg ganad.</i>	20,01384
Duración del engorde	<i>días</i>	307
Ganancia diaria	<i>Kg/dia-cab</i>	0,75
Costo de pensión	<i>\$/kg</i>	0,6
Costo de pensión	<i>\$/cab/dia</i>	0,45
Costo Kg Alimento	<i>\$/kg de mv</i>	0,216465666
Costo alimentos	<i>\$/cab</i>	997,5141937
Costo alimentación	<i>\$/cab</i>	138,15
Costo por Kg		4,932309202
Costo reposición	<i>\$/cab</i>	1500
Cambio de categoría	<i>\$/animal</i>	-180
Alimentación	<i>\$/animal</i>	1397,085806
TOTAL	<i>\$/animal</i>	1217,085806
Costo Total	<i>\$/animal</i>	2635,664194
Rentabilidad S/Inv. 1 Ciclo	<i>%</i>	0,461775749
Rentabilidad Anual S/Inv	<i>%</i>	55%

Tabla 55: Modelo de engorde para machos de cría.

7.13 Modelo de engorde para machos de engorde

Peso al ingreso	<i>kg/cab</i>	350
Precio de compra	<i>\$/kg</i>	10
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Peso final	<i>kg/cab</i>	422
Desbaste	<i>%</i>	0
Precio de venta	<i>\$/kg</i>	10
Gastos comercializac.	<i>%</i>	0
Kg ganados	<i>kg/cab</i>	72
Ingreso bruto	<i>\$/cab</i>	4220
Consumo% al peso	<i>%/pv medio</i>	4,862337662
Consumo medio Corregido	<i>kg/cab</i>	19,70705455
Conversión	<i>kg alim./kg ganad.</i>	16,42254545
Duración del engorde	<i>días</i>	60
Ganancia diaria	<i>Kg/dia-cab</i>	1,2
Costo de pensión	<i>\$/kg</i>	0,375
Costo de pensión	<i>\$/cab/dia</i>	0,45
Costo Kg Alimento	<i>\$/kg de mv</i>	0,259252802
Costo alimentos	<i>\$/cab</i>	306,5465472
Costo alimentación	<i>\$/cab</i>	27
Costo por Kg		4,632590933
Costo reposición	<i>\$/cab</i>	3500
Cambio de categoría	<i>\$/animal</i>	0
Alimentación	<i>\$/animal</i>	386,4534528
TOTAL	<i>\$/animal</i>	386,4534528
Costo Total	<i>\$/animal</i>	3833,546547
Rentabilidad S/Inv. 1 Ciclo	<i>%</i>	0,100808337
Rentabilidad Anual S/Inv	<i>%</i>	61%

Tabla 56: Modelo de engorde para machos de engorde.

Anexos

7.14 Alimentación de Recría

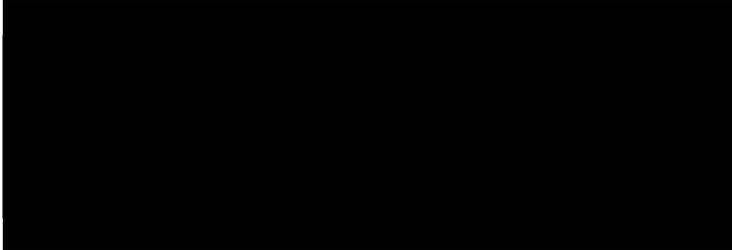


Tabla 57: Esquema de alimentación para cría.

7.15 Alimentación de Engorde

Engorde			
Ingrediente	Inclusión	\$/Kg.	Costo Relat.
Silaje Sorgo Granífero Medio Grano	63,16%	0,10	0,0624
Pellet de Girasol 33 %	8,51%	0,56	0,0477
Cebada	26,66%	0,42	0,1116
Urea	0,52%	2,8	0,0145
Mezcla Mineral Terneros	1,15%	2	0,0231
Costo total por kg			0,2593

Tabla 58: Esquema de alimentación para engorde.