

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN FINANZAS

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Cultivos sin mercado de futuros, *cross hedge* y
opciones exóticas en Argentina 2006-2016

AUTOR: EDUARDO MARTIN HAMAUI

DIRECTOR: MAURO DE JESÚS

MAYO 2019

Dedicatoria

A mi familia y novia por apoyarme en todo momento desde el día que decidí emprender esta carrera.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires por la excelencia académica que brinda día a día y al director de este trabajo, Mauro De Jesús, por haber aceptado el compromiso.

Resumen

Cultivos sin mercado de futuros, cross hedge y opciones exóticas en Argentina.

El presente trabajo analiza las posibles alternativas que los productores y acopiadores de Sorgo y Girasol podrían utilizar para disminuir la volatilidad de sus cosechas y acopios, sin la necesidad de pactar una venta a futuro en vista de la inexistencia de un mercado de derivados financieros para estos activos.

Mediante análisis estadístico es posible analizar la factibilidad de utilizar instrumentos financieros derivados actualmente disponibles en el mercado para otros activos y determinar si éstos pueden ser aplicados a los granos bajo análisis. Subsiguientemente, vía modelos de simulación continua es posible determinar patrones de comportamiento de la variable precio en los cultivos, lo cual posibilita el diseño de una opción exótica hecha a medida para estos activos.

La hipótesis general de este trabajo enuncia que es posible disminuir la volatilidad del retorno de un cultivo para el cual no existe un mercado de futuros propio mediante la implementación de una cobertura cruzada u opción exótica.

Los resultados obtenidos no refutan la hipótesis general, pudiéndose verificar disminuciones en la volatilidad de la cosecha o acopio en los casos donde el productor o acopiador hayan tomado cobertura utilizando la opción exótica diseñada. Los resultados también indican que no es posible adoptar una política de cobertura cruzada con los contratos futuros de otros activos para el Sorgo y el Girasol.

La implicancia de estos resultados sugiere que los productores y acopiadores pueden contar con un instrumento financiero derivado operado en el mercado formal y regulado, gozando de las garantías de cumplimiento las cuales no están siempre presentes en los acuerdos de ventas pactadas a futuro.

Como limitaciones al alcance se considera el plazo del período de estudio debido a la disponibilidad estadística de los datos hacia el pasado. Extender este estudio hacia futuro posibilitará una mejor calibración del modelo y brindará un mayor nivel de precisión en cuanto la efectividad de la cobertura resultante de la toma de la opción.

Palabras clave: Girasol, Sorgo, Futuros, Opciones Exóticas.

Índice

1. Introducción	8
2. Planteamiento del tema	9
2.1 Objetivos.....	10
2.2 Hipótesis	11
3. Marco teórico.....	11
3.1 Derivados financieros	11
3.2 Forwards	12
3.3 Futuros	13
3.4 Futuros sintéticos	15
3.5 Cobertura cruzada	15
3.6 Ratio de cobertura de mínima varianza	16
3.7 Opciones financieras.....	17
3.7.1 Modelo de Black and Scholes	22
3.7.2 Letras griegas	23
3.7.3 Opciones exóticas.....	24
3.7.4 Opciones Asiáticas	26
3.8 Derivados sobre <i>commodities</i>	27
3.8.1 Derivados agropecuarios	28
3.8.1.1 <i>Convenience yield</i>	29
3.9 Girasol.....	30
3.9.1 Panorama internacional	30
3.9.2 Panorama local	33
3.9.2.1 Industrialización	35
3.10 Sorgo.....	36
3.10.1 Panorama internacional	37
3.10.2 Panorama local	38
4. Metodología	41
5. Desarrollo.....	43
5.1 Analizar cómo se cubren los productores para cuyos cultivos no existe un mercado de futuros.	43
5.1.1 Relevamiento de la situación actual	43
5.2 Determinar y analizar las variables que impactan en el precio de los cultivos.	44

5.3	Determinar la efectividad del ratio de cobertura de mínima varianza para cada cultivo.....	47
5.4	Elaborar un instrumento derivado financiero que brinde una cobertura razonablemente efectiva para los cultivos seleccionados.....	51
5.4.1	Diseño de opciones exóticas	51
6.	Conclusiones	55
6.1	Futuras investigaciones	58
7.	Referencias bibliográficas	58

Índice de tablas

Tabla 1	Regresión multivariable Precipitación-Temperatura-Precio del Sorgo.....	45
Tabla 2:	Regresión multivariable Precipitación-Temperatura-Precio aceite de Girasol	46
Tabla 3:	Efectividad de cobertura con futuros existentes para Sorgo	48
Tabla 4:	Efectividad de cobertura con futuros existentes para Girasol	49
Tabla 5:	Efectividad de cobertura por índice.....	50
Tabla 6:	Volatilidad cosecha de girasol.....	52
Tabla 7:	Volatilidad cosecha de Sorgo	53
Tabla 8:	Volatilidad en pagos efectuados por acopiadores de Girasol.....	54
Tabla 9:	Volatilidad en pagos efectuados por acopiadores de Sorgo	54

Índice de figuras

Ilustración 1:	Long Call.....	19
Ilustración 2:	Short Call.....	20
Ilustración 3:	Long Put	21
Ilustración 4:	Short Put	21
Ilustración 5:	Principales productores de girasol	31
Ilustración 6:	Principales exportadores de aceite de girasol	31
Ilustración 7:	Evolución del precio del aceite de girasol por tonelada métrica.....	31
Ilustración 8:	Evolución conjunta de los 4 principales aceites vegetales.....	32
Ilustración 9:	Principales importadores de aceite de girasol.	32
Ilustración 10:	Zonas de producción de girasol	33
Ilustración 11:	Esquema de funcionamiento del complejo oleaginoso	35
Ilustración 12:	Ubicación del complejo oleaginoso	35

<i>Ilustración 13: Produccion mundial de granos forrajeros</i>	37
<i>Ilustración 14: Importaciones mundiales de sorgo</i>	38
<i>Ilustración 15: Mapa de la producción de sorgo en la Argentina</i>	38
<i>Ilustración 16: Distribución porcentual de la producción de sorgo.....</i>	39
<i>Ilustración 17: Exportaciones argentinas de sorgo previo a apertura de China 2014 .</i>	40
<i>Ilustración 18: Exportaciones argentinas de sorgo luego de apertura de China 2014.</i>	40

1. Introducción

En la Argentina no hay lugar a duda que la Soja, el Trigo y el Maíz son los tres cultivos estrellas, según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, la Soja representa el 55% de la superficie sembrada y el Trigo y el Maíz en conjunto un 26% (INTA, 2017) y con justa razón. La demanda del principal comprador de Soja de la Argentina, China, se ha septuplicado en el periodo 1994 – 2015 alcanzando las 100 millones de toneladas anuales (Gro Intelligence, 2018), en tanto la demanda global de Maíz se incrementó un 172% en el periodo 2001-2016 al alcanzar las 1075 toneladas (CME Group, 2018), mientras que el Trigo experimentó un crecimiento del 25% en el período 2001-2016 hasta alcanzar las 750 millones de toneladas (Rabobank, 2017).

Estos tres cultivos poseen sus respectivos instrumentos financieros derivados que posibilitan a sus productores y compradores cubrirse frente a la volatilidad del precio del producto. No obstante, existen cultivos los cuales han ganado terreno en estos últimos años a nivel global con China a la cabeza de la demanda, pero aun así no logran desarrollar un mercado financiero que brinde esta cobertura de la cual si gozan los anteriores. Dichos cultivos son el Sorgo, cuya demanda en China en los últimos años ha crecido de aproximadamente 1.000 toneladas métricas en el 2012 hasta 10.000 en el 2014 y 8.000 en el 2015, lo que resulta un incremento aproximado de 83% (Wang, 2017) y el Girasol con un crecimiento impulsado por India quien pasó de importar 973.000 toneladas de aceite de girasol en 2012 a 1.516.000 en 2016 (India Infoline News Service, 2017). Ambos cultivos tienen a la Argentina como uno de sus principales productores a nivel mundial.

Es por lo cual la primera razón por la cual se ha elegido el tema responde a la inquietud que surge respecto las alternativas de cobertura para productos agrícolas que hoy en día no tienen un mercado de futuros. Es bien sabido que los futuros son herramientas de gran utilidad a la hora de mitigar riesgos e incertidumbre (Bernstein, 1992), sin embargo, son la minoría de los cereales y granos producidos en el país quienes poseen un mercado de futuros.

La segunda razón apunta buscar una alternativa a los métodos tradicionales de cobertura para estos cereales más allá de la utilización de una venta a plazo. Esto es relevante puesto que, si existiesen medidas adicionales y menos costosas para cubrirse ante posibles subas

o bajas del precio del cereal, no resultaría ilógico pensar que puede conllevar a un mayor nivel de producción de aquellos granos que hoy se ven relegados tras los principales.

La tercera razón responde a la naturaleza económica del país, siendo la Argentina un país agroexportador resulta inquietante que en el mercado de derivados agrícolas local se hayan negociado solamente 4.92 millones de toneladas en el 2016 (ROFEX, 2017) mientras que en su par en Brasil se negociaron aproximadamente 1.407 millones de toneladas para el mismo período (Futures Industry Association, 2017).

2. Planteamiento del tema

En la Argentina se producen 88 tipos de cultivos (INTA, 2017) de los cuales solamente tres tienen futuros siendo estos; Soja, Trigo y Maíz. Todos los cultivos restantes se ven obligados a adoptar como cobertura un seguro de producción o pactar entre partes la venta anticipada de la cosecha, dándose la posibilidad de caer en riesgo de contraparte, donde uno de los dos intervinientes del contrato desiste del mismo por condiciones desfavorables. Esto se ve mitigado si se emplease una cobertura mediante mercado de futuros u opciones.

Lo cierto es que, por el escaso volumen operado de aquellos 85 cereales y granos, en comparación con los tres principales, la mayoría no justifican la existencia de un mercado de futuros para ellos. No obstante, es posible desarrollar un tipo de cobertura para estos granos que esté basada en los futuros y/u opciones de aquellos granos para los cuales si existen. Dicha técnica es conocida en la literatura como *Cross Hedge*, literalmente “cobertura cruzada” o diseñar opciones fuera del abanico tradicional conocidas como Opciones Exóticas.

Si bien existe una cuantiosa cantidad de bibliografía sobre este tema para otros países y mercados externos, no es el caso para la Argentina; donde la participación en el mercado financiero y la sofisticación de este son considerablemente menores que varios otros países. Esto se ve reflejado en la disposición de instrumentos en el mercado hoy en día contra los disponibles en mercados de países vecinos, recién en el 2017 la Argentina logró instrumentar derivados para el mercado de novillo en pie (Agrovoz, 2017) mientras que en el mercado brasilero existe desde el 2001 (BOVESPA, 2017).

Esto conlleva al estancamiento de prácticas en materia de cobertura y gestión del riesgo, apegándose a las conocidas y sin incursionar demasiado en técnicas más sofisticadas y efectivas, desperdiciando valiosas herramientas que permitan mitigar de mejor forma volatilidades y riesgos.

Es por lo anteriormente expuesto que el trabajo está apuntado al desarrollo teórico y práctico de la implementación de la cobertura cruzada y creación de opciones exóticas para los cultivos sin mercado de futuro propio utilizando futuros de los cereales ya existentes siempre y cuando se demuestre la compatibilidad estocástica y modelos de simulación continua. Se ha optado como espectro temporal para verificar dicha compatibilidad de volatilidad el período 2010 – 2016 para los cultivos: Girasol y Sorgo.

Las preguntas que el presente trabajo busca responder son:

¿Cómo se cubren las empresas productoras de cultivos para los cuales no existe un mercado de futuros?

¿Cuáles y cómo impactan las variables climáticas y económicas en la producción y precios de estos cultivos en el período 2006-2016 y qué instrumentos financieros existen actualmente para mitigar sus efectos adversos?

¿Es posible cubrir producción de Girasol y Sorgo con alguno de los futuros u opciones agrícolas actualmente disponibles en la Argentina?

¿Es posible diseñar un instrumento que ayude a mitigar la volatilidad a la cual está sujeto el cultivo?

2.1 Objetivos

Objetivo general del trabajo: Diseñar y probar la efectividad de una opción exótica para cultivos que no poseen futuros en el mercado local.

Objetivos específicos:

Analizar cómo se cubren los productores para cuyos cultivos no existe un mercado de futuros.

Determinar y analizar las variables que impactan en el precio de los cultivos y los instrumentos financieros que permiten mitigar efectos adversos.

Determinar la factibilidad de instrumentar una política de cobertura cruzada para los cultivos seleccionados con los futuros agrícolas actualmente disponibles.

Elaborar un instrumento derivado financiero que brinde una cobertura razonablemente efectiva para los cultivos seleccionados.

2.2 Hipótesis

Hipótesis general: Es posible disminuir la volatilidad del retorno de un cultivo para el cual no existe un mercado de futuros propio mediante la implementación de una cobertura cruzada u opción exótica.

Hipótesis específicas:

Es posible construir un modelo de simulación estadística basado en series de tiempo que arroje distintos patrones de comportamiento para una variable aleatoria.

Es posible determinar la viabilidad de la implementación de la opción mediante el modelaje de un proceso estocástico que cuantifique la disminución de la volatilidad en términos monetarios.

3. Marco teórico

3.1 Derivados financieros

Existen distintas coberturas que los productores o compradores de un *commodity* toman para mitigar los riesgos y volatilidades que puedan surgir desde el presente hasta el momento en el futuro cuando sea hora de vender o comprar dicho producto. Esta cobertura es provista por un instrumento derivado financiero. Un derivado es un contrato en el cual las partes se comprometen a entregar (recibir) un activo a un precio determinado

en un tiempo pactado (Hull, 2015). El instrumento es derivado ya que se negocia un precio futuro de un contrato sobre un activo subyacente.

3.2 Forwards

Los contratos a plazo o *forwards* son aquellos en los cuales las partes se comprometen a entregar (recibir en caso del tomador) el activo en una fecha determinada a un precio pactado. Estos contratos se negocian *over the counter* (OTC), lo cual significa que no existe una entidad superior que fiscalice ni regule el funcionamiento de dichos contratos.

Es un acuerdo para comprar o vender un activo en un determinado tiempo futuro por un precio determinado. “Puede ser comparado con un contrato de compra en el mercado spot, el cual es un contrato de compra o venta de un activo hoy” (Hull, 2012)¹

El precio de un forward está establecido por la sumatoria de los flujos de fondos descontados a la tasa de interés vigente del periodo. De tal forma, una suba de la tasa de interés ocasiona una erosión del precio de los forwards, y una baja de la tasa de interés ocasiona un incremento del precio de los forwards (Ross, 2003).

Los forwards son utilizados para aquellos activos que no poseen un mercado formal y regulado, son contratos que se adaptan a medida del comprador y vendedor. A simple vista parecen ser muy atractivos, no obstante al no contar con un ente regulador se da lugar a diversos tipos de riesgo tales como:

Riesgo crediticio/no pago: Asociado a la capacidad de pago de la parte tomadora del contrato llegada la fecha del vencimiento. El caso mas común de esto es la quiebra de alguna de las partes intervinientes.

Riesgo de contraparte: Es esperable que a lo largo de la vida del contrato, el precio del activo que se negocia experimente fluctuaciones a veces positivas para el vendedor y a

¹ “It is an agreement to buy or sell an asset at a certain future time for a certain price. It can be contrasted with a spot contract, which is an agreement to buy or sell an asset today”

veces para el comprador. En cualquier caso la parte que se beneficie de esta situación se verá tentada a desistir del acuerdo y negociar la compra o venta del activo en el mercado.

Ejemplo: Si se pacta el precio de entrega por 10 toneladas de arroz a 80 U\$D la tonelada y el precio se dispara a 120 U\$D/Tn, lo mas probable es que el vendedor esté dispuesto a pagar la multa por recesión del contrato y vender su producción en el mercado spot.

Análogamente, si el precio se derrumbase a 50U\$D/Tn, seguramente el comprador desista del contrato y adquiriera la cantidad que necesaria en el mercado spot.

En cualquier caso, una de las dos partes que intervienen en el contrato queda desamparada frente a estos riesgos lo cual puede traer severas consecuencias en el ciclo operativo de la empresa.

3.3 Futuros

Los historiadores no han llegado a concluir sobre el período en el cual se dio origen al primer mercado de futuros pero sí han hecho consenso sobre el lugar. Según López del Paso (2013) y González (2017), los mercados de futuros surgen en Japón a inicios del siglo XVII teniendo como activo subyacente a su principal mercancía, el arroz.

Según Hull (2012), “así como los contratos forward, un contrato futuro es un acuerdo entre dos partes para comprar o vender un activo en un cierto plazo por un precio determinado. Sin embargo a diferencia de los contratos forward, los futuros se negocian en un mercado.”
(p.7)²

El precio de un contrato de futuro está compuesto de la capitalización diaria del precio spot del commodity a la tasa de interés vigente hasta la fecha de ejecución del contrato más el costo de almacenamiento diario del activo subyacente.

² Like a forward contract, a futures contract is an agreement between two parties to buy or sell an asset at a certain time in the future for a certain price. Unlike forward contracts, futures contracts are normally traded on an exchange

En la Argentina los contratos de futuros se negocian principalmente en el ROFEX y el MATBA. El hecho que estos contratos se negocien en mercados que actúan como intermediarios y reguladores mitiga los riesgos natos de los contratos forward, esto es así ya que los futuros capitalizan y liquidan sus diferencias de precio diariamente mediante un sistema de garantías.

Tanto el lanzador del futuro como el tomador son exigidos por el mercado aportar una cierta cantidad de dinero en una cuenta de garantía al inicio del contrato, nótese que el lanzador no sabe quién es su comprador y el comprador tampoco sabe a quién le adquirió el contrato sino al mercado. De estas cuentas de garantía se debitará o acreditará la diferencia de precio sobre el contrato al final de cada día a fin de prevenir que alguna de las partes desista del mismo ante condiciones desfavorables.

En los casos donde el mercado alerta que una de las cuentas de garantía posee un escaso nivel de fondos, éste procede a realizar un *margin call*, éste es un llamado a que se realice un nuevo aporte de fondos a la cuenta de garantía a fin de mantener en pie la posición tomada. Alagado el caso donde no se cumpla con este requisito el contrato se da por cancelado y la parte restante obtiene como compensación los fondos provenientes de las liquidaciones diarias de la cuenta de garantía de la parte que desistió a fin de minimizar el perjuicio.

Los contratos futuros poseen diversas formas de cancelación o cumplimiento, estas pueden ser llevadas en cualquier momento del contrato salvo aquella que se da al finalizar el período. Un lanzador que decide cerrar su posición de forma anticipada por algún motivo puede efectuar la operación inversa, es decir comprando un futuro idéntico al lanzado, y así dar por cancelada su posición. (Perossa, 2014). El hecho de llevar a cabo esta cancelación anticipada da lugar al riesgo de base en el cual el precio del activo subyacente en el mercado spot no es igual al precio pactado en el futuro, no obstante, esta diferencia no solo puede ser negativa para quien cancela la posición, es posible que la posición se cierre a fin de lograr un resultado positivo debido a eventos que dispararon el precio del subyacente.

La cancelación al vencimiento se puede dar de dos formas. (a) por delivery, donde se efectúa la entrega del activo sobre el cual se negocia o (b) por compensación monetaria

producto de la diferencia de precio entre el precio pactado y el precio spot al día del vencimiento, siendo esta última la forma más habitual de cancelación para futuros mientras que el delivery es más común en los forwards.

La desventaja de los futuros respecto a los forwards radica en la estandarización de los contratos producto de las regulaciones propias de los mercados. Esto produce que en ocasiones no se logre un acuerdo entre lanzador y tomador ya que sus necesidades de cobertura son disímiles. Ejemplo: Los contratos de soja se pactan de forma tal que 1 contrato se negocia por 30 toneladas (ROFEX, 2017), en caso de un productor que desea cubrir el 100% de su producción, pero la cual es 329 toneladas se verá con 29 toneladas que no puede cubrir.

3.4 Futuros sintéticos

Para remediar la situación anterior en la cual no se encuentra un futuro con las características exactas para una de las partes se recurren a los denominados “futuros sintéticos”. Este tipo de operación es llevada a cabo mediante el uso del mercado de opciones financieras a fin de buscar en éste el equivalente a su par en el mercado de futuros. Es así como entonces el productor de soja del ejemplo anterior puede vender opciones de compra (*call*) y comprar opciones de venta (*put*) por la cantidad restante. Esta estrategia responde a la necesidad de cubrirse ante la baja del precio, con esta operación el productor puede ejercer su derecho a vender la soja a un precio mayor que el de mercado en caso de que decaiga por debajo del estipulado en la opción de venta. Al mismo tiempo el costo de la adquisición de este derecho se ve financiado por la venta de la opción de compra (bajo la cual éste se verá obligado a vender la soja a un precio menor que el de mercado en caso de que ocurra el escenario contrario y el precio aumente).

3.5 Cobertura cruzada

En los casos donde no solo no se encuentre un futuro que cumpla con la necesidad, sino que tampoco exista un mercado de opciones para el activo que se desea cubrir, es posible efectuar una cobertura del activo mediante la compra de un futuro de un activo cuya

volatilidad de precio se mueva en sintonía con el cual se desea cubrir. Esta estrategia se denomina cobertura cruzada o “*cross hedge*”.

Antecedentes de este tipo de estrategias fueron desarrollados por CME Group (2017) y la Universidad de Kansas (1997) para su aplicación en el mercado norteamericano para el periodo 2010-2014. Ambas investigaciones se llevaron a cabo utilizando como fuente de datos los precios spot del activo a cubrir y su precio futuro a fin de efectuar un análisis de correlación entre aquellos cultivos que poseen un mercado de futuros y aquellos que no.

3.6 Ratio de cobertura de mínima varianza

Se denomina así al porcentaje del activo que debe ser cubierto para lograr la cobertura óptima. (Perossa, 2014) Esta ratio es utilizada para los casos donde no existe una cobertura 100% efectiva para un activo, si bien es posible cubrir de forma 100% efectiva una determinada cantidad de soja mediante la adquisición de futuros, no resulta así para el sorgo y el girasol. La ratio está influenciada por la correlación que existe entre el activo que se desea cubrir y el activo con el cual se efectuará la cobertura, de forma tal que la formula queda definida de la siguiente forma:

$$h^* = \rho * \sigma_s / \sigma_f$$

Donde:

h^* : Ratio de cobertura

ρ : Coeficiente de correlación entre el activo a cubrir y el futuro del activo utilizado.

σ_s : Desvío estándar del precio del activo.

σ_f : Desvío estándar del precio del futuro.

Una vez determinada la ratio de cobertura de mínima varianza, es posible calcular la cantidad óptima de contratos futuros a adquirir para cubrir el riesgo de forma:

$$N = h^* * NA/QF$$

Donde:

N: Cantidad óptima de contratos futuro.

h^* : Ratio de cobertura de mínima varianza.

NA: Tamaño de la posición a cubrir.

QF: Tamaño de cada contrato futuro.

3.7 Opciones financieras

Las opciones son contratos que otorgan derechos u obligaciones para quien la toma o quien la emite. A diferencia de los futuros donde el comprador del contrato está obligado a comprar el activo subyacente allegada la fecha de finalización del contrato, las opciones ofrecen al tomador la posibilidad de no hacerlo si así lo desea. No obstante, es importante mencionar que, a diferencia de los futuros, las opciones cuentan con una prima a pagar por el comprador de la opción a fin de contar con dicho derecho.

Los elementos que integran la opción son los siguientes:

- a) El activo subyacente sobre el cual se está constituyendo la opción.
- b) El precio del activo subyacente (S)
- c) Tamaño del lote: Representa la cantidad de unidades del activo subyacente sobre la cual se construye la opción.
- d) Precio de ejercicio o “*strike*” (K): Es el precio que delimita el umbral a partir del cual el tenedor de la opción puede ejercer su derecho. Cuando $K=S$ se dice que la opción esta “*At the money*” (ATM). Cuando $K>S$ la opción esta “*In the money*” (ITM), finalmente cuando $K<S$ la opción esta “*Out of the money*” (OTM).
- e) Fecha de expiración (T): Indica el plazo máximo para que el tenedor pueda ejercer su derecho, una vez transcurrida esta fecha, la opción se extingue. Las opciones pueden ser ejercidas en cualquier momento antes del vencimiento si se tratan de opciones americanas o únicamente en la fecha de expiración si se trata de opciones europeas. (Hull, 2012)³
- f) Prima: Es el precio que el comprador debe pagar por adquirir la opción.

³ “A call option gives the holder the right to buy the underlying asset by a certain date for a certain price. A put option gives the holder the right to sell the underlying asset by a certain date for a certain price. The price in the contract is known as the exercise price or strike price; the date in the contract is known as the expiration date or maturity. American options can be exercised at any time up to the expiration date. European options can be exercised only on the expiration date itself.” (Hull, 2012)

- g) Valor intrínseco: Calculado como la diferencia en el precio del activo subyacente en el mercado *spot* y el precio de ejercicio.
- h) Valor extrínseco: Conocido también como valor temporal de la opción y calculado como la diferencia entre la prima pagada y el valor intrínseco. Este valor cuantifica la probabilidad de que la opción quede ejercible al vencimiento. Por lo anteriormente dicho, el valor extrínseco disminuye conforme el paso del tiempo se acerca al vencimiento de la opción, resultando 0 el día del vencimiento de ésta. Adicionalmente cabe destacar que el valor extrínseco es máximo cuando la opción se encuentra ATM y disminuye conforme se ubica en valores más ITM u OTM.

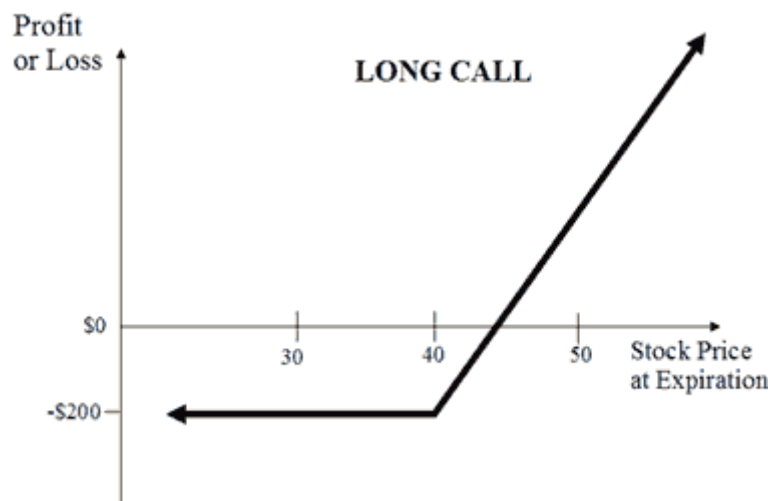
Existen dos tipos de opciones, de compra (*call*) y de venta (*put*).

La opción de compra otorga el derecho a quien la adquiere de comprar el activo subyacente al precio pactado (*strike*) independientemente del precio de mercado actual del mismo previo pago de la prima. Esta opción refleja el optimismo del tomador respecto del activo subyacente pues estima que su precio se incrementará por sobre el precio de ejercicio en algún momento de la vida de la opción.

En caso de que el precio del subyacente supere el precio de ejercicio, el tomador podrá ejercer su derecho a compra y adquirir el activo al precio pactado para luego venderlo en el mercado *spot*, resultando su ganancia de la diferencia del precio *spot* menos el precio de ejercicio y la prima pagada. Para el caso donde el precio del subyacente no supere el precio de ejercicio, el tenedor simplemente dejará expirar la opción ya que es posible adquirir el activo en el mercado *spot* a precio inferior que el pactado, resultando en la pérdida del costo de la prima.

Se puede graficar la operatoria de una opción de compra de la siguiente manera:

Ilustración 1: Long Call



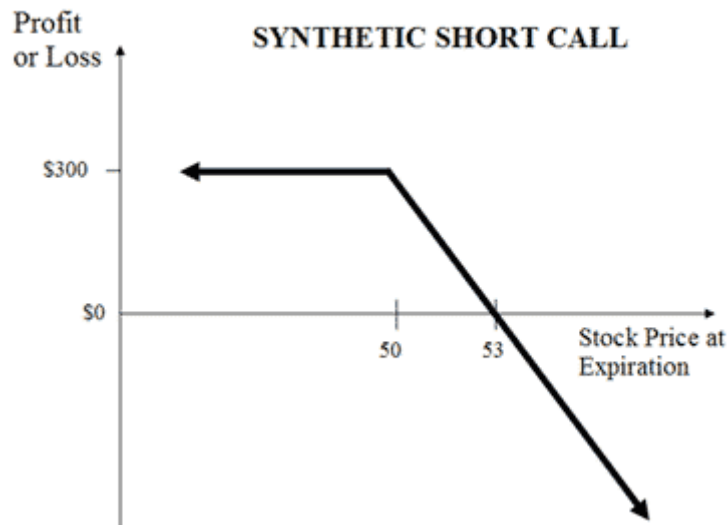
Fuente: <http://www.theoptionsguide.com/long-call.aspx>

Tal y como se puede apreciar en la figura, el punto de equilibrio, es decir donde el tenedor no obtiene ganancia, pero tampoco incurre en pérdidas, se produce cuando la variación del precio del subyacente cubre el costo de la prima. La pérdida queda limitada al pago de la prima mientras que el beneficio potencial queda sin límite conforme siga subiendo el precio del subyacente.

Desde el punto de vista del vendedor de la opción, la situación es inversa. El vendedor espera que el precio del subyacente no supere el *strike* de forma tal que la ganancia máxima a obtener se remite al cobro de la prima y conservar el activo al vencimiento. Para el caso que la opción quede ejercible, el vendedor deberá vender el activo al precio pactado incurriendo así en una pérdida por oportunidad la cual es potencialmente ilimitada conforme el precio del activo continúe subiendo.

Se puede graficar la perspectiva del vendedor de una opción de compra de la siguiente manera:

Ilustración 2: Short Call



Fuente: <http://www.theoptionsguide.com/synthetic-short-call.aspx>

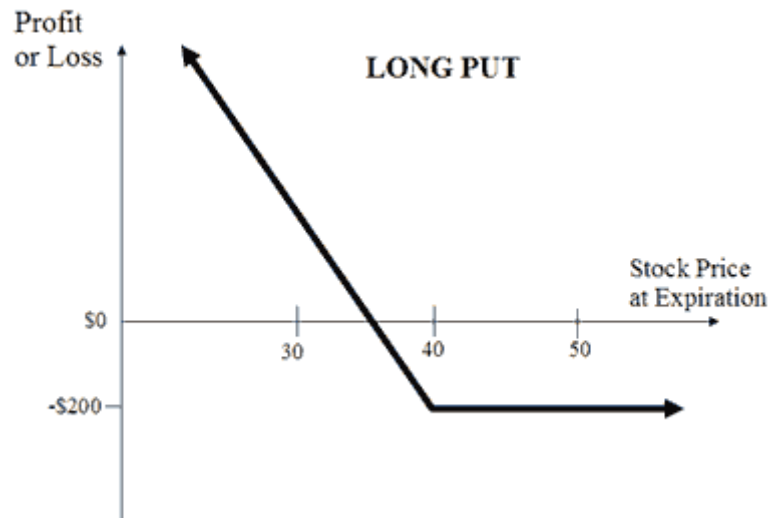
La opción de venta otorga el derecho a quien la adquiere de vender el activo subyacente al precio pactado (*strike*) independientemente del precio de mercado actual del mismo previo pago de la prima. Esta opción refleja el pesimismo del tomador respecto del activo subyacente que posee pues estima que su precio se ubicará por debajo del precio de ejercicio en algún momento de la vida de la opción.

En caso de que el precio del subyacente no caiga por debajo del *strike*, el tomador simplemente dejará expirar la opción, habiendo incurrido en una pérdida por el pago de la prima. Sin embargo, en caso de que el subyacente caiga por debajo del precio de ejercicio, el tomador podrá ejercer la opción, forzando al vendedor de la misma a comprar el activo subyacente al precio pactado.

En el caso de la opción de venta, la ganancia del tomador es ilimitada conforme el precio del activo se incrementa menos el pago de la prima. Lo interesante de esta opción es que limita fuertemente las pérdidas, pues la pérdida máxima será el pago de la prima que da el derecho de vender al precio pactado independientemente de cuanto más siga cayendo.

Se puede graficar la perspectiva del comprador de una opción de venta de la siguiente manera:

Ilustración 3: Long Put

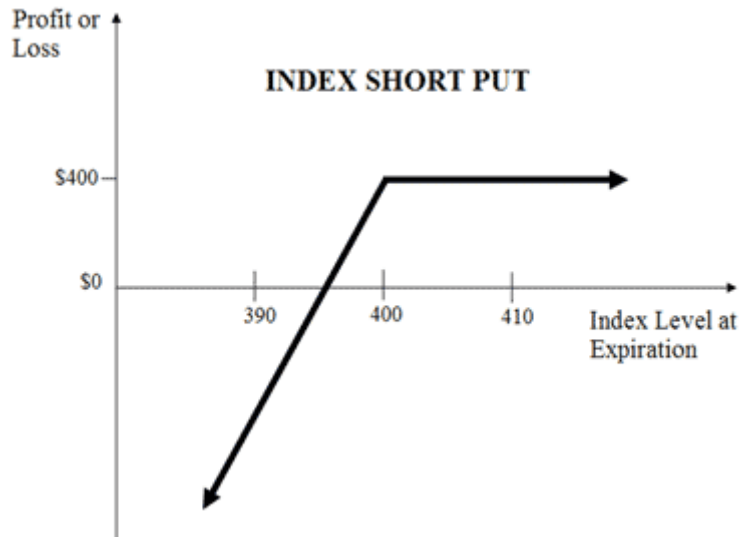


Fuente: <http://www.theoptionsguide.com/long-put.aspx>

Desde la perspectiva del vendedor, la situación se lee de manera inversa. Éste esperará que el precio del activo no caiga por debajo del precio de ejercicio, de forma tal que al expirar la opción se habrá hecho de una ganancia correspondiente al cobro de la prima. No obstante, esta opción es particularmente riesgosa para para el vendedor ya que las pérdidas ya no son de carácter de oportunidad sino monetarias. Al ser ejercida la opción, el vendedor deberá comprar un activo cuyo precio de mercado es cada vez menor.

Se puede graficar la perspectiva del vendedor de una opción de venta de la siguiente manera:

Ilustración 4: Short Put



Fuente: <http://www.theoptionsguide.com/index-short-put.aspx>

3.7.1 Modelo de Black and Scholes

Habiéndose explicado la mecánica de las opciones de compra y venta básicas, resta ahora determinar el precio a pagar por cada una. Si bien existen varios modelos de valuación de opciones, el más comúnmente utilizado es el modelo de Black and Scholes.

El modelo surge en el año 1973, desarrollado por Fisher Black, Robert Merton y Myron Scholes con el objetivo de determinar el valor de una opción europea de compra o venta; para esto el modelo requiere de 5 parámetros, precio de ejercicio, precio *spot*, tasa de interés libre de riesgo, tiempo hasta el final de la opción y la volatilidad del activo subyacente. El modelo asume que la tasa de interés libre de riesgo se mantendrá constante a lo largo de la vida de la opción y no existen costos transaccionales. Es importante mencionar que el valor resultante de este modelo corresponde al valor teórico de la opción, razón por la cual las expectativas y ponderaciones del mercado hacen que el precio que se visualiza en las pantallas a la hora de negociar una opción pueda diferir del mismo.

La prima por pagar de una opción de compra/venta queda definida entonces por la siguiente ecuación:

$$C = S_t * N(d_1) - N(d_2) * K e^{-rt}$$

$$P = K e^{rT} * N(-d_2) - S_t * N(-d_1)$$

$$d_1 = [\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) * t] / \sigma \sqrt{t}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

Donde:

C = Prima de la opción de compra

P = Prima de la opción de venta

St = Precio *spot*

N = Función de distribución normal

K = Precio de ejercicio

r = Tasa de interés libre de riesgo

t = Tiempo hasta el fin de la opción

e = operador matemático

σ = desvío estándar del subyacente

d_1 = Probabilidad condicional que determina si la opción finaliza ITM, cuál será el valor esperado respecto al precio *spot* del subyacente al final.

d_2 = Probabilidad de que la opción finalice ITM

3.7.2 Letras griegas

En opciones, las letras griegas se utilizan para determinar la sensibilidad del precio de la opción respecto a diferentes variables. Las 5 letras griegas más utilizadas son:

- I. Delta: Mide el cambio del precio de la opción frente a cambios en el precio del activo subyacente en términos relativos. Matemáticamente, Delta es la primera derivada del valor de la opción respecto del precio del subyacente ($\Delta = dV/dS$), su valor se encuentra comprendido entre 0.0 y 1.0 para la opción de compra y -1.0 y 0.0 para la opción de venta. Ese valor representa los puntos porcentuales que se moverá el precio de la opción frente a un cambio en el precio del subyacente.
- II. Gamma: Mide la sensibilidad de Delta cuando se produce un cambio en el precio del subyacente, permitiendo calcular la estabilidad de Delta, siendo un valor mayor de Gamma un Delta más volátil y viceversa. Matemáticamente, Gamma es la segunda derivada del valor de la opción respecto del precio del subyacente ($\Gamma = d^2V/d^2S$)

- III. Vega: Mide la sensibilidad del precio de la opción frente a cambios en la volatilidad del activo subyacente. Matemáticamente, Vega es la primera derivada del valor de la opción respecto a la volatilidad del subyacente. ($v = dV/d\sigma$). Vega se representa como la cantidad de unidades monetarias que la opción ganará o perderá frente a un cambio de un 1% en la volatilidad del subyacente.
- IV. Theta: Mide el cambio del precio de la opción conforme transcurre el plazo. Theta será negativa para las posiciones compradoras de la opción y positiva para las vendedoras. Matemáticamente, Theta para la opción de compra es calculada mediante el modelo de Black and Scholes la fórmula $\theta = -S\phi(d1)\sigma\sqrt{t} - rKe^{-rT}\phi(-d2)$ y $\theta = -e^{qT} * S\phi(d1)\sigma / \sqrt{t} + rKe^{-rT}\phi(-d2) - qSe^{-qT}\phi(-d1)$ para la opción de venta. Donde:
- $$\phi(d1) = (e^{x^2/2} / \sqrt{2\pi})$$
- $$d1 = \ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) * t / \sigma\sqrt{t}$$
- $$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t}$$
- Los parámetros para el cálculo son:
- S: Precio spot del subyacente.
- K: Precio de ejercicio.
- r: Tasa de interés libre de riesgo.
- q: Rendimiento anual por dividendos para las opciones sobre acciones.
- T: Tiempo hasta el vencimiento de la opción.
- σ : Volatilidad.
- V. Rho: Mide la sensibilidad del precio de la opción ante un cambio de un 1% en la tasa de interés libre de riesgo, una opción con un Rho de 0.1 aumentará su precio en \$0.1 ante un cambio de un 1% en la tasa de interés. Matemáticamente, Rho es calculado como la derivada del valor de la opción respecto a la tasa de interés mediante el modelo de Black and Scholes con la formula $Kte^{-rT}\phi(d2)$ para la opción de compra y $-Kte^{-rT}\phi(-d2)$ para la opción de venta.

3.7.3 Opciones exóticas

Término acuñado por Mark Rubinstein en su trabajo “*Exotic Options*” (Rubinstein, 1991) para diferenciar opciones que no siguen el funcionamiento estandarizado de una opción de compra o venta. Inicialmente operadas OTC, las opciones exóticas permiten adaptar

el esquema de pagos de las opciones tradicionales a los mercados financieros cada vez más sofisticados y con modelos cada vez más complejos dada su flexibilidad para definir los parámetros que componen una opción.

Las opciones tradicionales o “*vainilla*” determinan su precio mediante el precio del activo subyacente, precio de ejercicio, tasa de interés libre de riesgo, volatilidad del subyacente y tiempo restante hasta el vencimiento, así como también determinan el pago de la prima por diferencia con el activo subyacente al vencimiento. No obstante, las opciones exóticas presentan una amplia diversidad en cuanto a lo anterior. Su precio no tiene por que quedar sujeto al precio del subyacente en un determinado momento y su esquema de pago de prima no tiene por que ser igual al tradicional gráfico de “*hockey stick*”. (Kolb, Financial derivatives, 2010)

Musiela y Rutkowski listan 13 tipos de opciones exóticas (Musiela M., Rutkowski M. (2005):

- a) *Packages*: Opciones que equivalen a un portafolio de opciones europeas, el activo subyacente y efectivo.
- b) *Forward-start options*: Opciones que fueron pagadas en el presente, pero serán recibidas en una fecha estipulada futura.
- c) *Chooser options*: Opciones las cuales su tenedor puede decidir si serán opciones de compra o venta en una fecha estipulada a futuro.
- d) *Compound options*: Opciones las cuales tienen por activo subyacente otra opción.
- e) *Binary options*: Opciones en las que su pago es definido mediante un evento o función binaria.
- f) *Barrier options*: Opciones cuyo pago depende de si el activo subyacente alcanza el valor de la barrera o cota definido en algún momento previo a su expiración.
- g) *Lookback options*: Opciones cuyo pago depende particularmente del precio máximo o mínimo del subyacente a lo largo de la vida de la opción.
- h) *Asian options*: Opciones cuyo pago depende del precio promedio del subyacente en un determinado periodo de tiempo.
- i) *Basket options*: Opciones con un pago que depende del promedio de precios de varios activos.

- j) *α -quantile options*: Opciones cuyo pago depende del tiempo (expresado en términos porcentuales) del cual el activo subyacente se situó por debajo de un valor determinado.
- k) *Combine on several assets*: Estos incluyen, por ejemplo, opciones sobre el precio máximo o mínimo de dos activos riesgosos.
- l) *Russian option*: Opciones de venta las cuales dan el derecho a su tenedor de vender la opción al mayor valor que ésta haya alcanzado a lo largo de su vida.
- m) *Passport option*: Opción relacionada al rendimiento de una cuenta.

3.7.4 Opciones Asiáticas

Introducidas en 1987 por Bankers Trust Tokyo, las opciones asiáticas son un tipo de opciones exóticas que se diferencian de las opciones tradicionales debido al método de determinación de su precio de ejercicio y prima.

En las opciones tradicionales el precio de ejercicio es definido arbitrariamente por el lanzador de la opción en base al riesgo que este desee asumir, a mayor precio de ejercicio menor será el riesgo que la opción quede ejercible al vencimiento. Teniendo en cuenta esto, el pago de la prima se determina mediante el modelo de Black and Scholes, siendo menor cuanto más alto sea el precio de ejercicio para una opción de compra y viceversa para una opción de venta.

Este modelo de *market making* donde los lanzadores determinan arbitrariamente el precio de ejercicio funciona cuando los mercados de opciones tienen una profundidad razonable y el activo subyacente es lo suficientemente líquido para prevenir posibles casos de manipulación de mercado dado el alto número de oferentes y demandantes.

Las opciones asiáticas mitigan el riesgo de manipulación de mercado para dichos casos debido a su metodología de determinación de precio de ejercicio y prima. El precio de ejercicio en estas opciones surge del promedio aritmético del activo subyacente resultante de un período determinado. Utilizando un modelo de árboles trinomiales o simulación de Montecarlo, es posible identificar los posibles escenarios de recorrida del precio del subyacente.

Siguiendo a Les Clewlow y Chris Strickland (Les & Chris, 1998), para los casos donde el valor del subyacente es reemplazado por el promedio resultante del período se las denomina “*fixed strike*”. Calculándose el mismo como:

Fixed strike call: $\text{Max}[0, (S_{t_1} + S_{t_2} + \dots + S_{t_n})/m - K]$

Fixed strike put: $\text{Max}[0, K - (S_{t_1} + S_{t_2} + \dots + S_{t_n})/m]$

Para los casos donde el precio de ejercicio es reemplazado por el promedio resultante del período se las denomina “*floating strike*”. Calculándose el mismo como:

Floating strike call: $\text{Max}[0, S_T - (S_{t_1} + S_{t_2} + \dots + S_{t_n})/m]$

Floating strike put: $\text{Max}[0, (S_{t_1} + S_{t_2} + \dots + S_{t_n})/m - S_T]$

Donde:

Max: Función de selección del mayor valor de una serie.

S_{t_n} : Precio del activo subyacente observado en el momento n

S_T : Ultimo precio del activo subyacente observado.

m: Cantidad de períodos observados

K: Precio del activo subyacente

3.8 Derivados sobre *commodities*

Se puede definir a los *commodities* como bienes utilizados como *input* en un proceso productivo que, debido a su homogeneidad, dentro de ciertos estándares, no es básicamente posible diferenciarlos según procedencia. Ejemplos de *commodities* son el petróleo, hierro, cobre, soja, maíz y etc.

A diferencia de los derivados financieros, los derivados sobre *commodities* no generan flujos de fondos por lo cual su valor se determina por su precio *spot* futuro y su costo de almacenaje. Otro factor que diferencia a estos derivados de los financieros es la estacionalidad a la cual son sometidos, especialmente los agropecuarios. Este efecto genera descalces entre la oferta y la demanda del *commodity* lo cual hace mandatorio que

quien opere estos derivados posea un extenso conocimiento sobre el *cash market*, la oferta, demanda y anticipación. (Kolb, 2010)

3.8.1 Derivados agropecuarios

El precio del contrato futuro con entrega en “*t*” sobre un activo agropecuario se determina mediante el precio *spot* esperado en “*t*” mas el costo esperado de almacenaje hasta llegar al momento “*t*”. A medida que el contrato madura, el costo de almacenaje converge a 0 y el precio del contrato al precio *spot* del vencimiento. (Kolb, 2010)

Según Robert Kolb, existen dos modelos utilizados para formar el precio de un contrato futuro sobre productos agropecuarios. La primera se trata de la teoría del almacenaje (*Theory of Storage*) y la teoría del mercado invertido (*Theory of Normal Backwardation*).

La teoría del almacenaje hace especial énfasis en los costos incurridos en la compraventa de un contrato futuro más allá de eventuales comisiones, se refiere específicamente al costo de almacenar el activo subyacente y mantenerlo asegurado hasta el fin del contrato. Esto puede devenir en situaciones de arbitraje ya que el precio futuro puede ser mayor que el precio *spot* + costos de almacenaje y seguro puesto que existen alternativas de almacenaje mas eficientes que otras, dando margen a reducciones de costo de almacén. (Kolb, 2010)

En estos casos quien arbitre una ganancia lo hace mediante el modelo “*cash and carry*”. El arbitrajista observa que el precio futuro es mayor que el precio *spot* + costo de acarreo que él puede conseguir (almacenaje + costo de financiamiento de la operación + seguros), acto seguido se vende un contrato futuro por el activo subyacente, se adquiere el subyacente en el mercado *spot* y se almacena hasta el final del contrato. La ganancia de la operación resulta de la diferencia lograda entre la venta de un futuro sobrevaluado y la oportunidad de almacenaje a menor costo.

El caso contrario se da en los modelos de “*reverse cash and carry*”, en donde el precio futuro es inferior al precio *spot* del subyacente + costo de acarreo que en este caso incluirá una tasa de retorno pretendida por quien preste al arbitrajista el activo a vender. En este

caso el arbitrajista compra el contrato futuro y en simultaneo vende en corto el mismo activo, la venta en corto deberá ser pautaada para cerrarse en la fecha del vencimiento del contrato futuro. Allogada dicha fecha el arbitrajista habra vendido el activo y cerrado su posicion de venta en corto con la entrega del subyacente del futuro, realizando una ganancia igual a la diferencia entre los precios futuro y *spot* menos los costos asociados.

3.8.1.1 *Convenience yield*

Tal y como fue expuesto anteriormente en el modelo de “*reverse cash and carry*” se incurre no solo en los costos de acarreo de almacenaje y seguros, sino que tambien en el pago a quien da a prestamo el activo a vender por el arbitrajista. En los activos financieros puede ser una tasa de interes de mercado o algun otro *benchmark*, sin embargo, al no existir dichas tasas para los productos agropecuarios, la tasa por la cual el prestamista esta dispuesto a entregar parte de su inventario, exponiendose a riesgo de distribucion, faltante de producto, interrupcion de su produccion y etcetera se la denomina “*convenience yield*” o rendimiento de conveniencia, que representa el rendimiento que el prestamista podria obtener por mantener el activo a disposicion ante cualquier oportunidad emergente. (Hull, 2012)

Hull define la ecuacion para el calculo del rendimiento de conveniencia de forma:

$$F_0 e^{yT} = (S_0 + U) e^{rT}$$

Donde “*y*” es el rendimiento de conveniencia y *U* el valor presente de los costos de almacenaje del activo subyacente. Para los casos donde el costo de almacenaje sea una proporcion del precio del subyacente, la ecuacion queda definida como:

$$F_0 = S_0 e^{(r+u-y)T}$$

Ambas ecuaciones tienen por deduccion matematica que en los casos donde el rendimiento de conveniencia no sea cero, existen posibilidades de arbitraje. Por ende, Hull concluye que el rendimiento de conveniencia refleja la percepcion del mercado ante

posibles escenarios de escases del bien en el futuro, denotándose un incremento en la *convenience yield* conforme los inventarios de los oferentes sean cada vez menores.

3.9 Girasol

Helianthus annuus, comúnmente conocida como Girasol es una planta anual cuyo ciclo de germinación, florecimiento, producción de semillas y muerte se concreta en el lapso de un año. Nativa del continente americano, esta planta encuentra su foco de producción dentro de la Argentina en la región pampeana oeste y sur de la Provincia de Buenos Aires y al norte de la provincia de Santa Fe (Larralde, 2017).

Las semillas se categorizan según su porcentaje de diversos componentes presentes en la misma lo que determina su uso posterior, siendo estos: a) Ácido Palmítico para aceite destinado a consumo en crudo. b) Ácido Esteárico. Las semillas con mayor concentración de este ácido son las más recientemente producidas y buscan ser un reemplazo para los aceites hidrogenados actuales c) Ácido Oleico, actualmente el grupo de semillas mayormente producidas debido a su prolongada vida útil. d) Ácido Linoleico. Las semillas con mayor concentración de ácido linoleico son actualmente destinadas al consumo en crudo o tostado debido a su baja efectividad para proveer un aceite de cocina de calidad. (Canada Sunflower Association, 2012).

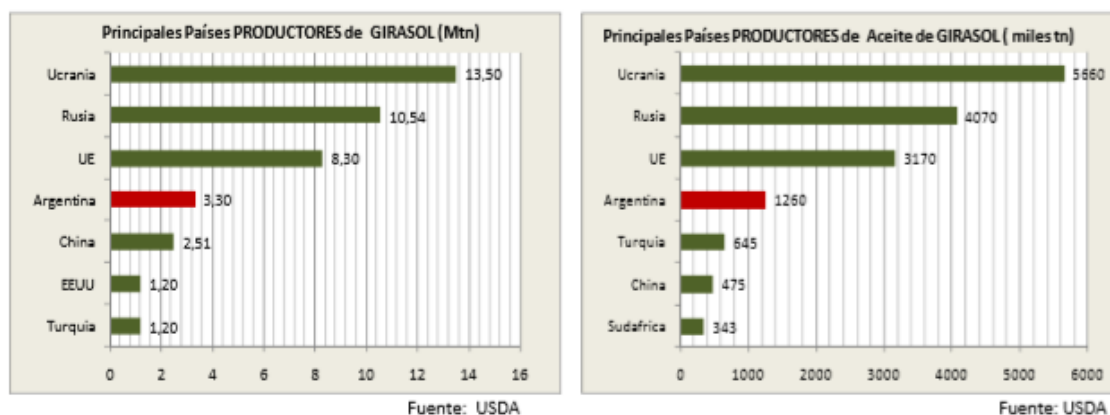
De una tonelada de girasol se extrae un 41% de aceite, 42% de subproductos (típicamente harina) y 7% de desperdicio. (Bolsa de cereales de Bahia Blanca, 2016)

3.9.1 Panorama internacional

La producción mundial de aceite de vegetal finalizado el 2016 se incrementó 5% respecto al 2015 ubicándose en 187 millones de toneladas de los cuales 16,9 corresponden a aceite de girasol, lo cual representa un incremento del 9% interanual. El resto del total se conforma por 64,4 millones de toneladas de aceite de palma, 54,2 de aceite de soja y 27,1 de aceite de colza, ubicando así al girasol en el cuarto puesto. (Bolsa de cereales de Bahia Blanca, 2016)

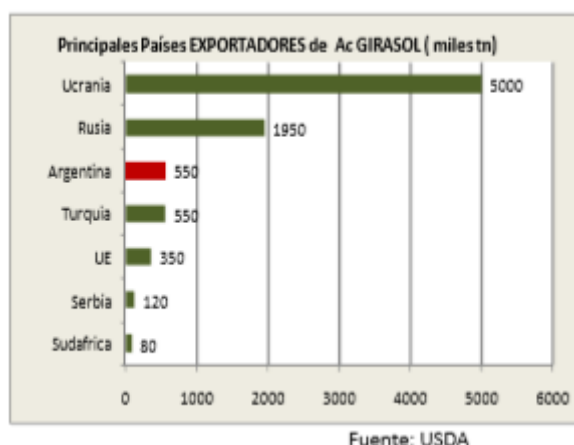
Dentro de los países productores tanto de girasol como aceite de girasol, Ucrania se ubica en primer lugar seguido por Rusia, la Unión Europea y Argentina tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Ilustración 5: Principales productores de girasol



Fuente: Bolsa de cereales de Bahía Blanca en base a datos de la United States Department of Agriculture.

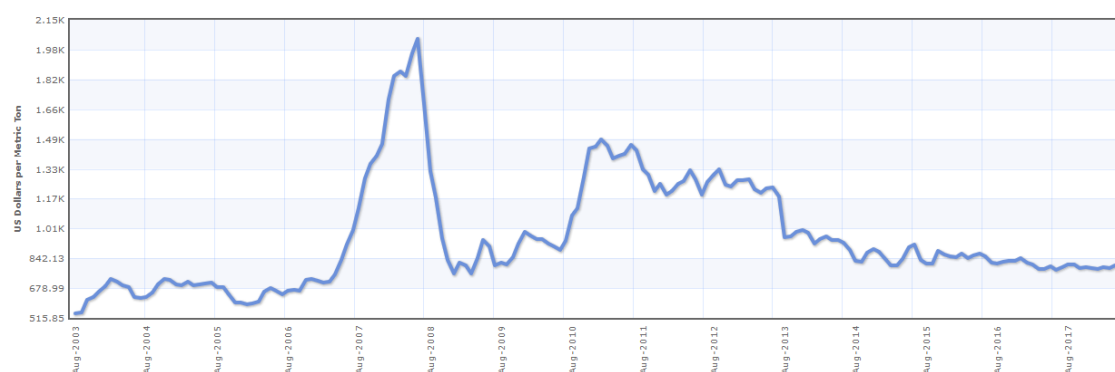
Ilustración 6: Principales exportadores de aceite de girasol



Fuente: Bolsa de cereales de Bahía Blanca en base a datos de la United States Department of Agriculture.

La evolución del precio por tonelada métrica de aceite de girasol encuentra su máximo histórico en junio 2008 cotizando a USD \$2.005/tn para luego estabilizarse en el rango de los USD \$840 a mediados del 2014, alcanzando en diciembre 2016 los USD \$844.

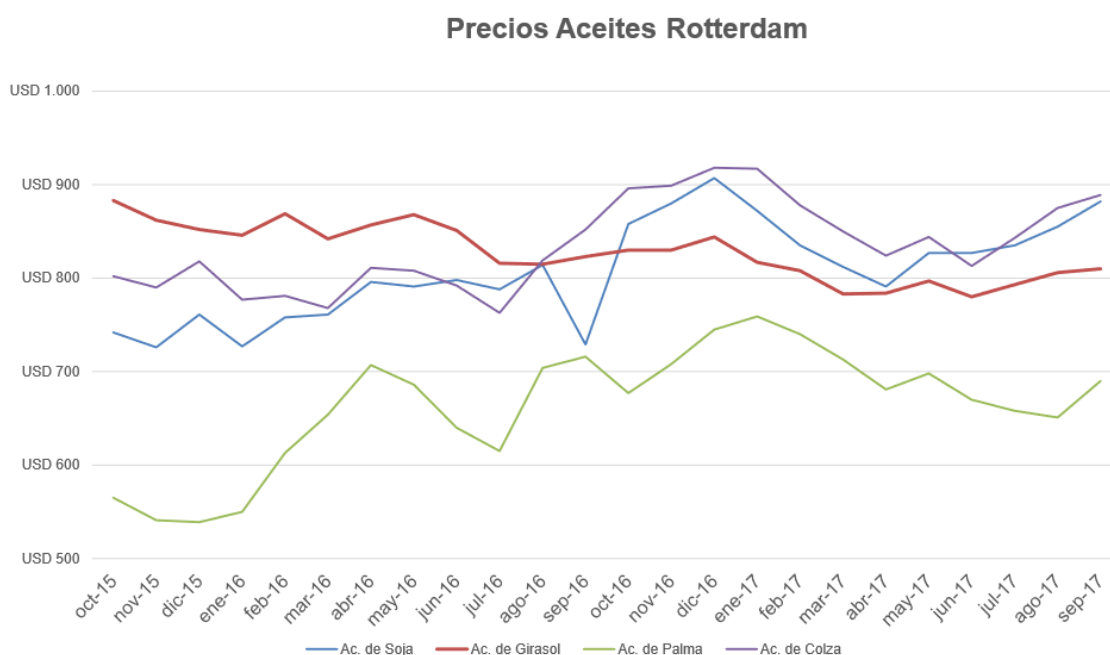
Ilustración 7: Evolución del precio del aceite de girasol por tonelada métrica



Fuente: IndexMundi

No obstante, el precio internacional se mantiene en línea con el resto de los aceites vegetales.

Ilustración 8: Evolución conjunta de los 4 principales aceites vegetales



FUENTE: USDA

Fuente: Ministerio de Agricultura en base a datos de la USDA

Por el lado de la demanda global, los principales países importadores de aceite de girasol al 2016 son la Unión Europea con una demanda de 1.400 millones de toneladas, Turquía con 890, China con 850, Iraq con 400 e Iran y Egipto con 350. Destacando especialmente el crecimiento de la India a partir del 2009. (Bolsa de cereales de Bahía Blanca, 2016)

Ilustración 9: Principales importadores de aceite de girasol.

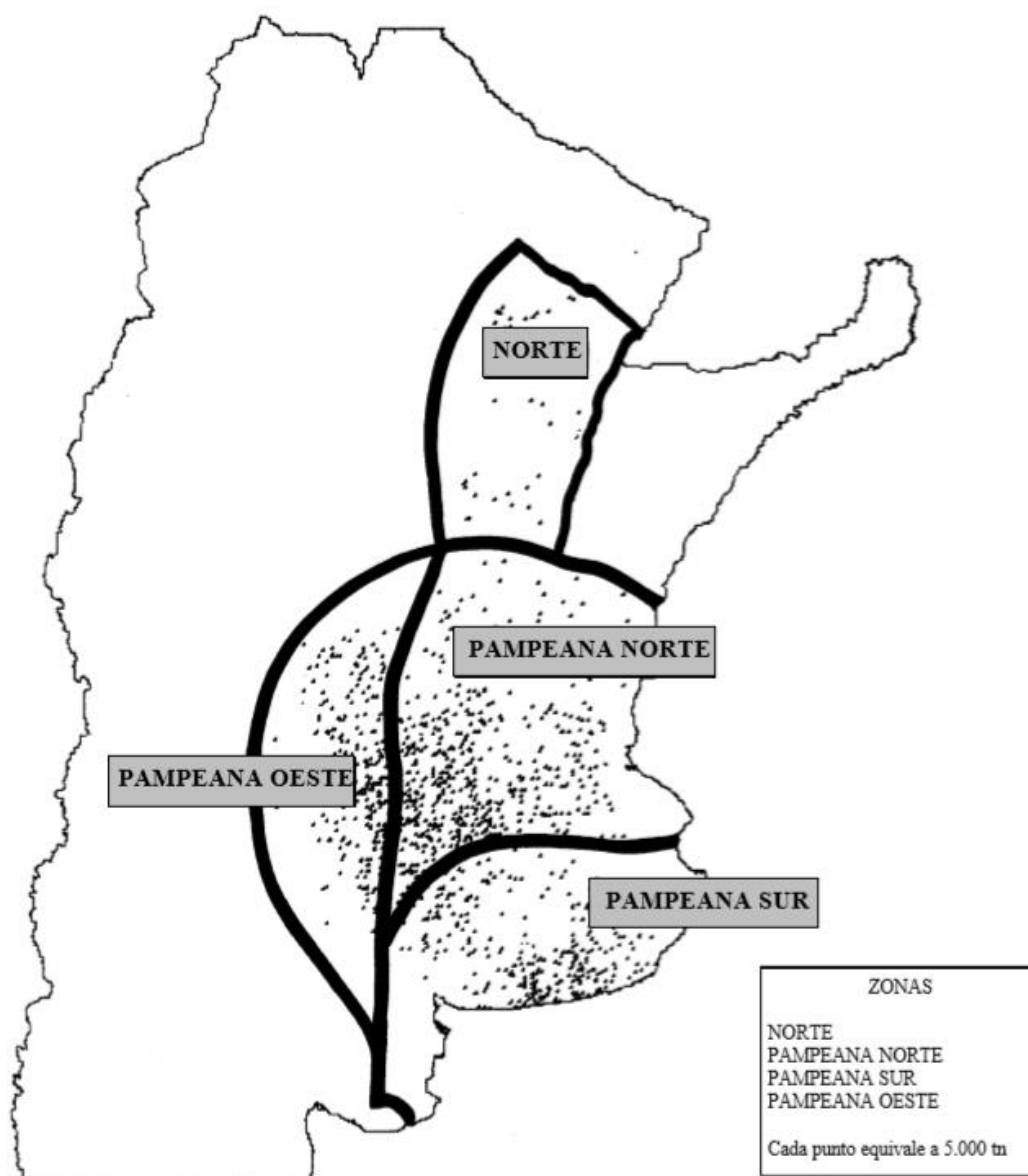


Fuente: Bolsa de cereales de Bahía Blanca en base a datos de la USDA

3.9.2 Panorama local

La producción de girasol en el país se encuentra dividida en 4 regiones. Norte, Pampeana Norte, Pampeana Oeste y Pampeana Sur.

Ilustración 10: Zonas de producción de girasol



Fuente: INTA

Buenos Aires concentra el 62% del total de la producción de girasol, seguido por el 13% en Santa Fe, 12% La Pampa, 9% Chaco y 4% en otras provincias según lo informado por el Sistema de Información Obligatoria (SIO) de Granos (SIO Granos, 2017).

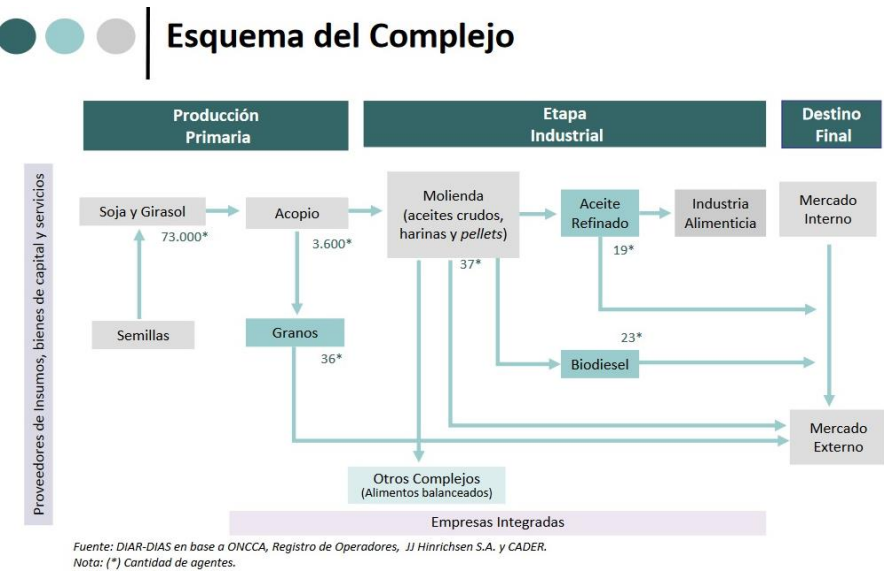
Los principales destinos de las exportaciones de aceite de girasol son China e India, acaparando el 31%, 29% del total exportado respectivamente al 2016, en tanto los pellets para harina tuvieron como mayor receptor a Holanda con el 54% y al Reino Unido con el 41%. Por ultimo la semilla de girasol tuvo como únicos destinos Portugal y España con

el 98% y 2% según datos informados por la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca. (Bolsa de Cereales Bahía Blanca, 2016)

3.9.2.1 Industrialización

La industrialización del girasol tanto como de la soja se agrupa en el llamado Complejo Oleaginoso, este abarca el proceso desde la producción de los granos hasta el fin de la industrialización de estos. En dicho complejo los granos son procesados en aceites (crudos y refinados), sus residuos prensados en *pellets* para harina y biodiesel. Este complejo cuenta por el 28% del valor de las exportaciones del país e involucra a mas de 73.000 productores, en su mayoría de soja. No obstante, solo el 6% de estos productores explican el 54% de la producción total, siendo estos Bunge Argentina, Aceitera General Deheza, Cargill, Molinos Rio de la Plata, Dreyfus, Vicentin, Glencore y Nidera. (Ministerio de Economía, 2011)

Ilustración 11: Esquema de funcionamiento del complejo oleaginoso



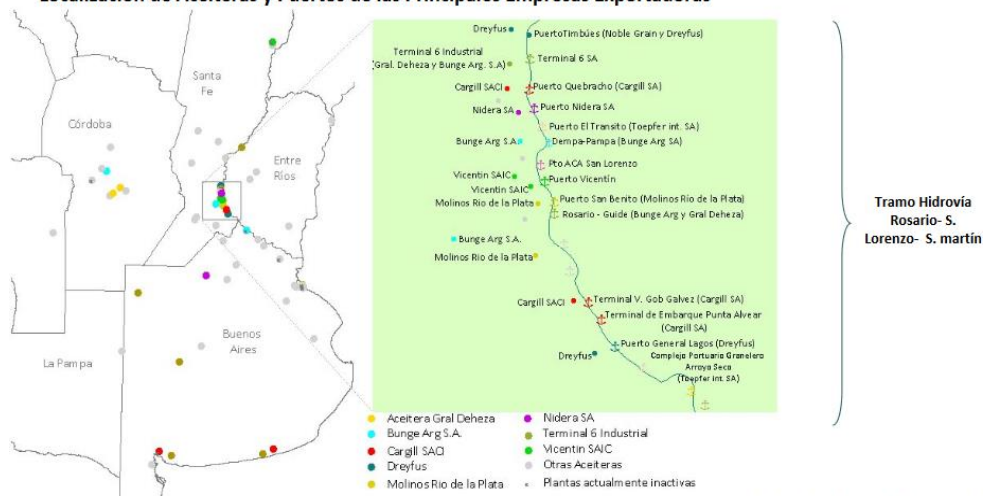
Fuente: Ministerio de Economía

Ilustración 12: Ubicación del complejo oleaginoso



Distribución Territorial: Aceite

Localización de Aceiteras y Puertos de las Principales Empresas Exportadoras



Fuente: DIAR-DIAS en base a J.J. Hinrichsen S.A.

Fuente: Ministerio de Economía

3.10 Sorgo

Originaria de Australia, África, Asia y Sur y Centroamérica, el sorgo ocupa un papel fundamental en la dieta de los habitantes de regiones áridas y con elevadas temperaturas debido a su alta resistencia a las mismas (Infoagro, 2018). Sus principales usos responden a la alimentación humana, principalmente debido a su carencia de gluten es el altamente preferido por la población celiaca, animal, elaboración de bebidas alcohólicas y biocombustibles.

Los requisitos para el cultivo de esta planta indican temperaturas de germinación de por lo menos 18°C a 20°C a 5cm de profundidad del suelo, en condiciones óptimas el coleóptilo se visualiza en los posteriores 3 a 10 días luego de la siembra, alcanzando su punto de cosecha pasados los 3 meses una vez que el grano alcanza una humedad del 25% al 35%. (INTA, 2011)

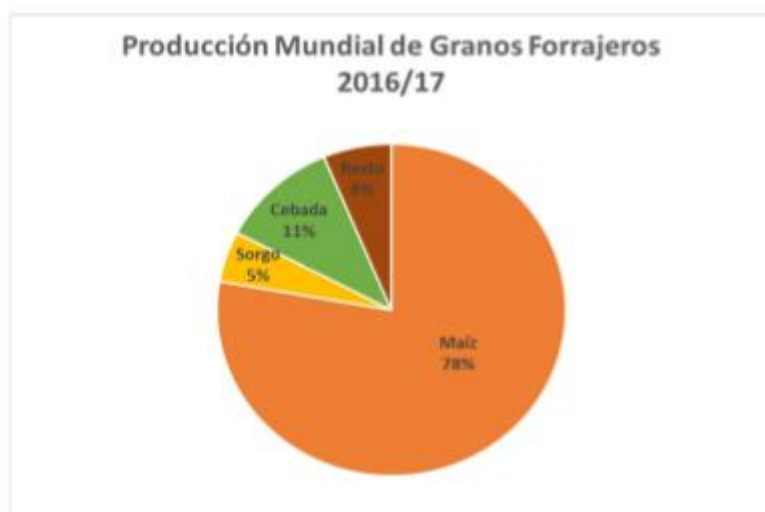
Existen diversos tipos de sorgo. El más comúnmente utilizado es el granífero por su aporte energético en sistemas de engorde intensivo en animales, así como también suplementación estratégica en alimento balanceado y panificación para consumo humano. Los demás tipos de sorgo (azucarado, BMR, doble propósito, diferido, forrajero y foto

sensitivo) ofrecen gran cantidad de materia seca, pero no logran ser aprovechados eficientemente por el animal. (INTA, 2011)

3.10.1 Panorama internacional

A nivel mundial dentro de la producción de granos forrajeros, el sorgo ocupa el tercer lugar detrás del maíz y la cebada sobre un total de 1.320 millones de toneladas según lo informado por la Subsecretaría de Mercados Agropecuarios. (SSMA, 2016)

Ilustración 13: Producción mundial de granos forrajeros



Fuente: Subsecretaría de Mercados Agropecuarios

Según datos del ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, la Argentina produce el 6% del total de sorgo a nivel global (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2015), lo cual ubica al país como octavo productor a nivel mundial, ubicándose detrás de los EEUU, Nigeria, México, India, Etiopía, Sudan y China. (IndexMundi, 2018)

Acorde lo informado por la Subsecretaría de Mercados Agropecuarios, la producción global de sorgo para la campaña 2016-2017 fue de 70,01 mil millones de toneladas. Para dicho periodo la Argentina se mantuvo como el tercer productor mundial de este grano, ubicándose detrás de los Estados Unidos y Australia. (SSMA, 2016)

Por el lado de la demanda global se encuentra China como principal importador de sorgo a partir del 2013, cuando decidieron abrirse al mercado internacional de este cultivo, tal y como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Ilustración 14: Importaciones mundiales de sorgo

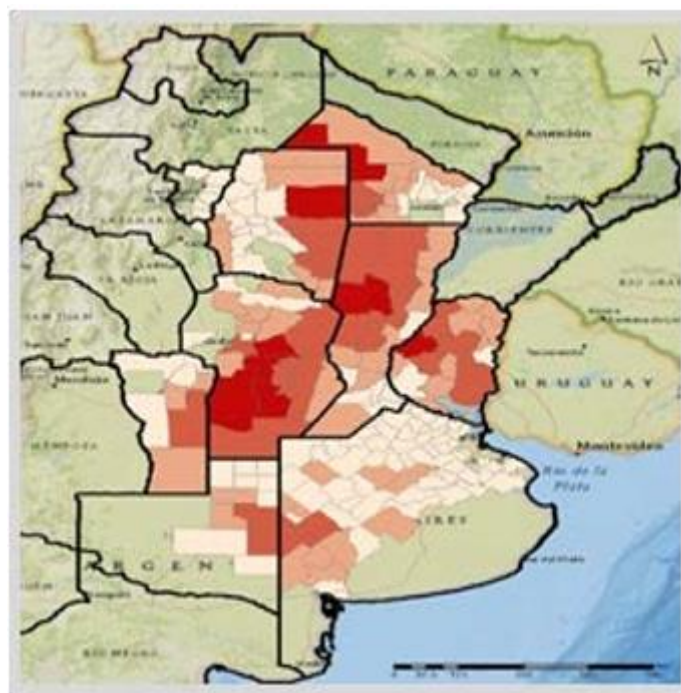


Fuente: Subsecretaría de Mercados Agropecuarios

3.10.2 Panorama local

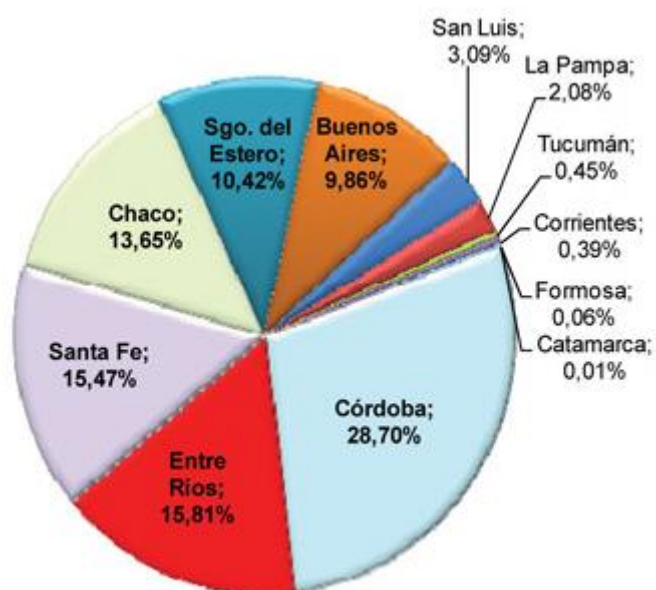
En la Argentina la producción de sorgo se concentra principalmente en la provincia de Córdoba (28,70%), seguida por la provincia de Entre Ríos (15,81%), Santa Fe (15,47%), Chaco (13,65%), Santiago del Estero (10,42%) y Buenos Aires (9,86%) conforme a la siguiente imagen provista por el Ministerio de Agricultura y Pesca y el Concejo de Profesionales del Agro, Agro alimentos y Agroindustria.

Ilustración 15: Mapa de la producción de sorgo en la Argentina



Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca

Ilustración 16: Distribución porcentual de la producción de sorgo

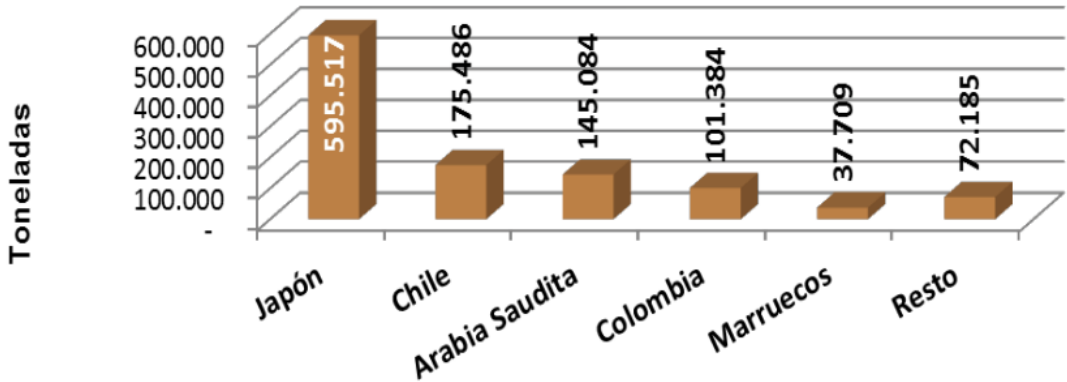


Fuente: <http://www.cpia.org.ar/agropost/201509/nota6.html>

Los principales destinos de las exportaciones de sorgo argentino según lo informado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca para el ciclo 2013 - 2014 fueron Japón, Chile y Arabia Saudita. No obstante, en el 2014 China se abre a los mercados

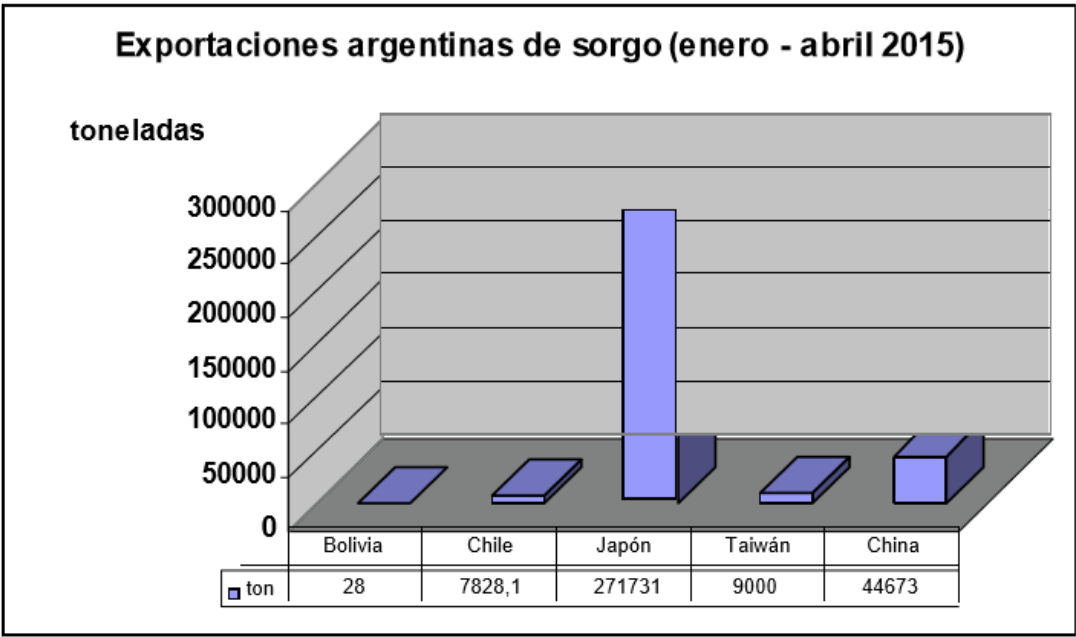
internacionales de sorgo ganando terreno dentro de los principales destinos de exportaciones de sorgo forrajero argentino. (SENASA, 2018)

Ilustración 17: Exportaciones argentinas de sorgo previo a apertura de China 2014



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

Ilustración 18: Exportaciones argentinas de sorgo luego de apertura de China 2014



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

4. Metodología

En el presente trabajo se evaluará la factibilidad de diseñar una cobertura cruzada para aquellos cultivos que no poseen contratos futuros con futuros de cultivos que si poseen en la Argentina para el periodo 2010-2016 así como también el diseño de una opción exótica para los mismos utilizando un modelo de simulación continua. Para esto se ha seleccionado como unidad de análisis los cultivos para los cuales no existen futuros disponibles, tomando como muestra los principales cultivos por superficie cosechada que cumplan con este requisito: (a) Girasol, (b) Sorgo.

Para llevar a cabo el análisis primeramente se comienza por efectuar contacto con las empresas productoras de los cultivos incluidos en la muestra a fin de obtener información respecto su situación de cobertura actual ante la imposibilidad de acceder directamente a un mercado de futuros. En segundo lugar, se procederá a recopilar datos referentes al nivel de producción, demanda y precios de forma mensualizada de las unidades de análisis, a fin de lograr conformar una serie de tiempo para los mismos, estos datos son provenientes del Ministerio de Agricultura, Ministerio de Economía, INDEC, ROFEX, Sociedades de Bolsa y las cámaras de cada cultivo. En tercer lugar, se recopilará la tasa de interés libre de riesgo argentina (LEBAC) mensualizada para su plazo más corto basado en las publicaciones del BCRA.

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos, se efectuará un informe sobre la situación actual de cada cultivo y sus perspectivas a futuro para luego llevar a cabo un análisis de factibilidad para la cobertura cruzada y un modelo de simulación continua de Montecarlo para las opciones exóticas con los datos obtenidos para identificar los posibles recorridos de la variable precio del cultivo desde el fin del período de siembra hasta el fin del período de cosecha.

Habiéndose realizado dicho modelo, se efectuará la prueba de factibilidad para llevar a cabo la cobertura ya sea con futuros de otros cultivos u opciones exóticas para los cultivos incluidos en la muestra. Para la cobertura cruzada con futuros, el análisis se basará en determinar la ratio de cobertura de mínima varianza para definir la efectividad de la cobertura. En el caso de las opciones, esto se realiza mediante un análisis de volatilidad del retorno del cultivo para un escenario donde no se ha tomado cobertura versus el

escenario donde se incurrió en el pago de la prima por cobertura con la opción, comparando ambas volatilidades. De observar que la volatilidad en el escenario donde ha tomado la cobertura es menor que la del actual, la opción se probará efectiva.

Por lo anteriormente expuesto, y según Sampieri, el enfoque del trabajo es cuantitativo ya que se utiliza la recolección de datos para probar el objetivo utilizando como principal herramienta el análisis estadístico para establecer diversas relaciones y comportamientos de las variables. Adicionalmente se considera un tipo de trabajo longitudinal retrospectivo ya que se trata de una recopilación de datos en un amplio espectro temporal para realizar inferencias sobre su evolución, causas y efectos (Sampieri, 2010).

Siguiendo los lineamientos de Fassio y Pascual (2015) para el diseño del trabajo, el mismo tiene como finalidad establecer la existencia y correlación entre variables, no obstante, no busca manipular las mismas, utilizar un grupo control o asignar aleatoriamente los sujetos, el trabajo presenta un diseño no experimental.

Preguntas	Objetivos	Fuente de datos / Tipo de datos	Metodología, método, técnica
¿Cómo se cubren las empresas productoras de cultivos para los cuales no existe un mercado de futuros?	Analizar cómo se cubren los productores para cuyos cultivos no existe un mercado de futuros.	Primaria/ Cualitativa	Entrevistas personales, contacto telefónico o vía mail.
¿Cuáles y cómo impactan las variables climáticas y económicas en la producción y precios de estos cultivos en el período 2006-2016 y qué instrumentos financieros existen actualmente para mitigar sus efectos adversos?	Determinar el grado de impacto que cada variable tiene en la producción y precio del cultivo para el período seleccionado.	Secundaria / Cuantitativos	Análisis de regresión y correlación multivariable.
¿Es posible cubrir producción de Arroz, Girasol y Sorgo con alguno de los futuros u opciones agrícolas	Determinar la efectividad de la ratio de cobertura de mínima varianza para cada cultivo.	Secundaria / Cuantitativos	Análisis de covarianza y regresión.

actualmente disponibles en la Argentina?			
¿Es posible diseñar un instrumento que ayude a mitigar la volatilidad a la cual está sujeto el cultivo?	Diseñar un derivado financiero que disminuya la volatilidad del retorno del cultivo	Secundaria / Cuantitativos	Simulación de Montecarlo

5. Desarrollo

5.1 Analizar cómo se cubren los productores para cuyos cultivos no existe un mercado de futuros.

Este primer objetivo del trabajo consta de dos etapas. La primera consta del relevamiento de las prácticas llevadas a cabo por los productores de Girasol y Sorgo para cubrirse frente a la volatilidad del precio de sus cultivos. En la segunda etapa se pondrá en prueba un modelo de diseño de contratos de futuros *over the counter* basado en la teoría del almacenaje (*storage theory*) y el costo de acarreo (*cost of carry*).

5.1.1 Relevamiento de la situación actual

Para relevar la situación actual en cuanto a coberturas se confeccionó una encuesta la cual fue enviada a diversos productores y acopiadores de girasol y sorgo. Los acopiadores encuestados fueron la Cooperativa Agropecuaria de Acopiadores Federados LTDA. y el Centro de Acopiadores de Granos del Noroeste Argentino. Para encuestar a los productores se acudió a la Asociación Argentina de Girasol (ASAGIR) y a la Asociación Maíz y Sorgo Argentino (MAIZAR). La encuesta estuvo apuntada a proveer información referida a la situación presente de políticas de gestión del riesgo y otros aspectos de la industria que permiten continuar con el desarrollo del trabajo.

El consenso general indica que la estrecha vinculación entre productores y acopiadores se basa casi exclusivamente en un tipo de venta pactada a plazo (*forward*). En cuanto a los riesgos a mitigar, ambos mostraron su preocupación por las variables climatológicas. Se destaca el nivel de compromiso en las ventas pactadas, ninguno de los encuestados hizo mención en cuanto a incumplimientos al margen de lo ocurrido en los años 2017 y 2018. No obstante, no se obtuvieron registros o datos respecto a ventas inconclusas.

A raíz de las catástrofes climatológicas de los años mencionados, los encuestados informan que la demanda de seguros de producción se encuentra en auge; adicionalmente, se muestran optimistas en la incursión de nuevos instrumentos financieros como los planteados en este trabajo.

En cuanto a planificación de la producción, las variables mas preponderantes son los precios de los cultivos alternativos, las tendencias en la demanda y la superficie a destinar para cumplir con las ventas pactadas.

Por último, informan que el método de almacenaje más comúnmente utilizado hoy en día son las silobolsas pero advierten sobre su susceptibilidad a sufrir siniestros, destacando que el almacenaje en acopiadores es considerablemente mas costoso.

5.2 Determinar y analizar las variables que impactan en el precio de los cultivos.

Determinar el grado e intensidad de correlación de las variables independientes “nivel de precipitación” y “temperatura” con la variable dependiente “precio” resulta de vital importancia a la hora de decidir el tipo de cobertura a adoptar. Entender los efectos de una variable en la otra habilita al productor y acopiador a vislumbrar tendencias de corto y mediano plazo en base a las cuales decidir por un nivel de cobertura mayor o menor.

Debido a la acotada disponibilidad estadística en cuanto datos climatológicos en la Argentina para el período bajo análisis, se ha optado por efectuar el análisis con datos provenientes de los Estados Unidos. Al tratarse de bienes y condiciones homogéneas, no se considera que las relaciones estadísticas resultantes no puedan ser traspoladas al panorama argentino.

5.2.1 Nivel de precipitación – Temperatura – Precio

En los Estados Unidos el sorgo es principalmente producido en el estado de Kansas, principalmente en el centro-norte, en el condado de Mankato (Kansas Grain Sorghum, 2019). El período de siembra se inicia en los meses de mayo y junio, mientras que la

cosecha se lleva a cabo en los meses de agosto y septiembre. Para llevar a cabo el análisis se recopilaron los datos de precipitación informados por la agencia USClimateData en los meses comprendidos entre la siembra y la cosecha; luego se obtuvieron los datos pertinentes a las temperaturas promedio registradas mensualmente en dicho estado. Como último dato se obtuvieron los precios promedios mensualizados informados por Index Mundi para el mercado norteamericano. A fin de obtener un mejor análisis, se optó por una regresión lineal multivariable, tomando como variables independientes el promedio de las temperaturas y precipitaciones de cada mes para el período 2007-2016 así como también para los precios. Los resultados del análisis se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 1 Regresión multivariable Precipitación-Temperatura-Precio del Sorgo

Promedios 2007-2016 por temporada			
Mes	Precipitación (mm)	Precio USD x Tn	Temperatura C°
Mayo	117,48	205,46	18,56
Junio	111,05	194,43	24,22
Julio	103,84	196,94	25,89
Agosto	119,33	198,95	25,33
Septiembre	51,31	196,03	20,61
R2 precipitacion - precio		0,17	
R2 temperatura - precio		0,37	
R2 multivariable		0,768	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de USClimateData, Wunderground e IndexMundi

La regresión arroja un $R^2 = 0,768$ (76,80%). Este resultado permite interpretar que el 76,80% del precio del grano de sorgo al finalizar el período de siembra, crecimiento y cosecha, es explicado por las precipitaciones y temperaturas registradas en dicho período de forma conjunta.

Para el caso del girasol se efectuó el mismo análisis, tomando lugar en el estado de Dakota del Sur, en el condado de Walworth. En la región limítrofe entre Dakota del Sur y del Norte es donde se concentra la mayor densidad de hectáreas cultivadas por girasol según la National Sunflower Association (National Sunflower Association, 2019). Los meses comprendidos para esta regresión fueron de abril a septiembre de 2007 y 2016. Las fuentes para obtener los datos de precipitaciones y temperaturas son nuevamente USClimateData para temperatura y precipitaciones, los precios fueron obtenidos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Tabla 2: Regresión multivariable Precipitación-Temperatura-Precio aceite de Girasol

Promedios 2007-2016 por temporada			
Mes	Precipitación (mm)	Temperatura C°	Precio USD x Tn
Abril	45,04	5,46	22,63
Mayo	67,49	12,83	22,77
Junio	87,54	18,00	22,36
Julio	51,56	22,31	20,99
Agosto	79,68	21,16	22,19
Septiembre	39,88	16,26	21,84
R2 precipitacion - precio		0,10	
R2 temperatura - precio		0,47	
R2 multivariable		0,880	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de USClimateData, Wunderground y USDA

La regresión arroja un $R^2 = 0,88$ (88,00%). Este resultado permite interpretar que el 88,00% del precio de la semilla de girasol al finalizar el período de siembra, crecimiento y cosecha, es explicado por las precipitaciones y temperaturas registradas en dicho período de forma conjunta.

Estos dos análisis evidencian la necesidad de los productores y acopiadores a adoptar políticas de cobertura frente a las variables climatológicas comprendidas en las regresiones, siendo con operaciones en el mercado de futuros, operaciones con opciones, o seguros de producción. Identificar estas variables y su impacto sobre la cosecha permite obtener una dimensión mas clara sobre el *value at risk* del total de la cosecha conforme los reportes climatológicos que se puedan ir obteniendo.

Es importante también entender la mecánica en como estas variables afectan a los granos no solo a nivel precio, sino a nivel stock de producción y calidad de éstos. Es también clave entender que no todos los cultivos poseen la misma resistencia a sequías/inundaciones y heladas/olas de calor.

El girasol y el sorgo son particularmente resistentes a las sequías, no obstante, estudios conducidos por la Universidad de Dakota del Norte y la USDA demostraron que a pesar de ser cultivos que crecen naturalmente en regiones más áridas, cuando se los trasladan a regiones más húmedas, los rindes se incrementan entre un 100% y 200% (North Dakota

State University, 2019) (Ram, Ali, & Risch, 2018). No obstante, cabe aclarar que existe el riesgo de pregerminado en los casos donde se producen lluvias en fechas de cosecha en conjunto con temperaturas cálidas, lo cual conlleva a una pérdida de las semillas a cosechar. (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 2008)

En el otro extremo, el efecto de las inundaciones varía notablemente según su duración y el momento del ciclo del cultivo en el cual se produce. Inundaciones de entre 1 y 3 días en el ciclo de desarrollo de hojas no muestran daños significativos para el resto del ciclo del cultivo. Inundaciones de 6 días demostraron tener consecuencias mucho mas negativas a lo largo del resto del ciclo. Las inundaciones causan los mayores daños si se producen al inicio de la etapa de florecimiento y durante 6 o mas días, donde se verificaron reducciones en la talla del sorgo y el girasol y por ende disminuciones en el rinde. (Orchard & Jessop, 1984)

En cuanto a altas temperaturas, según un estudio conducido por la Sociedad de Cultivos de América, el sorgo responde con menor altura y cantidad de semillas (Prasad, Pisipati, & Mutava, 2019). El girasol ha demostrado reducir el tamaño y peso de las semillas, y por ende el rinde de aceite, entre 4% y 6% cuando es sometido a altas temperaturas según experimentos conducidos por el CONICET y la Facultad de Agronomía de la UBA. (Rondanini, Mantese, Savin, & Hall, 2006).

Las bajas temperaturas en el sorgo (5°C-10°C) causan que las semillas de sorgo no germinen, mientras que temperaturas de 0°C e inferiores matan directamente a la semilla. (Peacock, 1982). En el caso del girasol, las bajas temperaturas (7°C - 15°C) afectan el ritmo de crecimiento y causan variaciones el genoma de las semillas, produciendo ácidos grasos, proteínas y enzimas que no se encuentran en las semillas que crecen en condiciones normales (Hewezi, Léger, El Kayal, & Gentzbittel, 2006), lo cual puede afectar la calidad del aceite a extraer.

5.3 Determinar la efectividad del ratio de cobertura de mínima varianza para cada cultivo.

5.3.1 Ratio de cobertura de mínima varianza con futuros

En la presente sección del trabajo se llevó a cabo un análisis de correlación de precios de contratos futuros para los granos incluidos en la muestra. El mismo comprendió la recolección de series de precios históricas de los contratos futuros del ROFEX y el cierre de precios de los granos en el mercado spot obtenidos del Ministerio de Agricultura de forma mensualizada para el período 2006-2016. Se tomaron como parámetro de comparación los contratos futuros de mayor interés abierto por ser considerados estos como más representativos de los precios de futuros. Los derivados a comparar con los granos fueron: Futuro Soja Mayo (SOJ05), Soja Noviembre (SOJ11), Maíz Abril (MAI04), Trigo Enero (TRI01).

Posteriormente se efectuó un análisis de volatilidad en términos absolutos expresados en unidades monetarias y relativos expresados en porcentaje, desvíos para las volatilidades y correlación (R^2) para los precios spot y futuros.

Con los datos obtenidos se aplicó la fórmula de ratio de cobertura de mínima varianza:

$$h^* = R^2 * (\text{Desvío Spot} / \text{Desvío Futuro})$$

La cual mide la efectividad de la cobertura del cultivo muestral con el futuro o derivado. La efectividad fue medida en términos absolutos y relativos a fin de obtener una visión completa. Se considera un umbral de efectividad de cobertura superior al 80% en cualquiera de ambos términos para ser considerada una cobertura efectiva. No obstante, debe tratarse de una tendencia estable y no una correlación espuria por lo cual debe verificarse también en al menos 75% de los casos incluidos en el período observado.

Los análisis arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 3: Efectividad de cobertura con futuros existentes para Sorgo

Comparación	Resultado	Observación
SOJ05 – Sorgo	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 10% de los casos. Los casos de cumplimiento se producen cuando el precio del sorgo varía en más de 100%

SOJ11 – Sorgo	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 63% de los casos. Los casos de cumplimiento se producen cuando el precio del sorgo varía en más de 100%
TRI01 – Sorgo	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 25% de los casos. Los casos de cumplimiento se producen en años donde el precio tuvo escasa volatilidad. Se observa un cumplimiento en términos absolutos en forma tendencial para el periodo 2013 en adelante.
MAI04 – Sorgo	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 22% de los casos. Los casos de cumplimiento se dan en años de alta volatilidad en el precio del Sorgo

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agricultura y ROFEX.

Tabla 4: Efectividad de cobertura con futuros existentes para Girasol

Comparación	Resultado	Observación
SOJ05 – Girasol	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 30% de los casos.
SOJ11 – Girasol	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 38% de los casos. El cumplimiento se da en los años de alta volatilidad en el precio del girasol.
TRI01 – Girasol	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 38% de los casos. El cumplimiento se da en los años de alta volatilidad en el precio del girasol.
MAI04 – Girasol	Inefectiva	h* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 33% de los casos. El cumplimiento de la condición se da en los años de escasa volatilidad en el precio del girasol.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agricultura y ROFEX.

De los resultados obtenidos se puede observar que no surgen posibilidades de cobertura cruzada con los futuros agrícolas actualmente disponibles en el mercado debido a la disparidad del comportamiento de las volatilidades presentadas.

5.3.2 Ratio de cobertura de mínima varianza con índices

Luego de analizar las posibilidades de cobertura cruzada con los futuros disponibles actualmente en el mercado local se decidió ampliar el análisis y hallar coberturas posibles con otro tipo de instrumentos. En este caso se optó por probar la efectividad de la cobertura para los cultivos seleccionados con contratos futuros sobre índices agrícolas. Los índices seleccionados para efectuar las pruebas fueron el índice S&P GSCI Agriculture, S&P GSCI TR (Total Return), S&P GSCI ER (Excess Return) y RICIA (Rogers International Commodity Index Agriculture), la información de estos índices fue extraída de la propia página del S&P y RICIA, tomando los valores a fecha de fin de cada mes y comparándolo con el precio spot en el último día del mismo mes, para homogeneizar las monedas puesto que estos instrumentos solo cotizan en los Estados Unidos, se pesificaron los importes de los índices al tipo de cambio del dólar de la fecha correspondiente. Las condiciones de efectividad y cumplimiento se mantienen iguales a las anteriores con 80% en la ratio de efectividad de cobertura (h^*) en términos absolutos o relativos y 75% de cumplimiento en el total de años analizados. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5: Efectividad de cobertura por índice

Comparación	Resultado	Observación
RICIA – Sorgo	Efectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 78% de los casos.
RICIA – Girasol	Efectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 78% de los casos.
S&P GSCI Agriculture – Sorgo	Inefectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 44% de los casos.
S&P GSCI Agriculture – Girasol	Inefectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 11% de los casos.
S&P GSCI ER – Sorgo	Inefectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 56% de los casos.
S&P GSCI ER – Girasol	Inefectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 56% de los casos.
S&P GSCI TR – Sorgo	Inefectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 22% de los casos.
S&P GSCI TR- Girasol	Inefectiva	h^* en términos relativos cumple la condición de 80% en el 11% de los casos.

Fuente: Elaboración propia con datos de S&P, RICIA y Ministerio de Agricultura.

De los resultados obtenidos se puede observar que es posible cubrir la producción de Sorgo y/o Girasol mediante la compra de un contrato futuro del índice RICIA. No obstante, existe una incompatibilidad con dicho índice puesto que el precio de este, que sería utilizado como precio de ejercicio, es superior al precio del girasol en todos los años

observados, por lo cual la opción quedaría siempre ejercible. Es por esto que, si bien la compatibilidad es posible desde la covarianza, se descarta el uso del mismo por la variable precio.

5.4 Elaborar un instrumento derivado financiero que brinde una cobertura razonablemente efectiva para los cultivos seleccionados.

Habiendo concluida sin éxito la búsqueda de un instrumento que permita llevar a cabo una cobertura cruzada con los futuros e índices actualmente disponibles, se procedió a hallar una solución al problema de la falta de cobertura en el campo de las opciones. Actualmente no existen en el mercado local ni exterior opciones tradicionales para Sorgo y Girasol, razón por la cual se acotó el espectro a las opciones exóticas, puntualmente asiáticas debido a su naturaleza al ser aplicadas para activos subyacentes que por el escaso número de participantes en el mercado que ayudan a mitigar el riesgo de manipulación del precio de la opción.

5.4.1 Diseño de opciones exóticas

Dentro de las opciones asiáticas se encuentran dos alternativas para las opciones de compra y dos para las opciones de venta. Estas alternativas toman el nombre de *Fixed Strike* en caso de que el valor del activo subyacente sea reemplazado por el promedio de los valores observados a lo largo de su madurez o simulación y *Floating Strike*, para los casos que el valor del subyacente quede fijo y sea el precio de ejercicio o *strike* quien sea determinado por el promedio de los valores observados a lo largo de la vida de la opción o simulación.

La opción por diseñar tomará la forma de *Floating Strike Asian Put*. Opción de venta ya que se la concibe como un instrumento de protección a la baja del precio del cultivo y con *Strike* Flotante debido que el precio del activo subyacente es conocido y determinado por su cotización en el mercado. Por esta razón queda por determinar el precio de ejercicio de la opción para la cual no se tiene un punto de comparación o *benchmark*, es por lo que, a fin de lograr la mayor objetividad posible y evitar la manipulación del mercado. El

mismo será determinado por el promedio de los valores asumidos de la variable precio a lo largo de la vida de la opción de forma aleatoria siguiendo un modelo de simulación de Montecarlo basado en 100.000 observaciones.

Los parámetros utilizados para el diseño del modelo de simulación de Montecarlo fueron los siguientes:

S_t : Último precio del cultivo observado.

r : Tasa de interés de LEBAC anualizada para el tramo más corto en el mes de cosecha.

σ : Volatilidad histórica anual del período de cosecha.

Δt : Progresión temporal del modelo de simulación.

$N(\text{Aleatorio})$: Distribución normal estandarizada de un numero generado aleatoriamente.

De forma tal que la fórmula para la simulación sea:

$$S_t = S_{(t-1)} \{ [r - 1/2 * (\sigma^2)] * \Delta t + \sigma * (\sqrt{\Delta t}) * N(\text{Aleatorio}) \}$$

Una vez obtenidos todos los corredores aleatoriamente generados en el modelo de la variable precio se calculó el promedio de cada escenario simulado, resultando en el parámetro K : Precio de ejercicio de la opción. Con el mismo se calculó luego el costo de la prima de la opción para cada escenario de forma: $\text{MAX}(K - S_t; 0) \cdot e^{-r \cdot T}$

Una vez calculada la prima de la opción, se procedió a determinar el flujo compensatorio en caso de ejercicio de la opción como el valor máximo de la diferencia entre el *Strike* y el precio promedio *spot* de forma: $\text{MAX}(\text{Promedio } S(0,T) - K, 0)$.

Por último, se probó la efectividad de la opción a fin de verificar si la implementación de esta disminuye la volatilidad de la cosecha (σ) medida en términos monetarios. Para esto se calculó la volatilidad de la cosecha sin cobertura tomando el desvío estándar del promedio de los valores finales de la simulación. Acto seguido se realizó el mismo procedimiento sumándole al último valor observado el flujo compensatorio y restando el pago de la prima incurrido. Comparando ambos desvíos estándar se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6: Volatilidad cosecha de girasol

Girasol				
Año	Volatilidad de la cosecha		Reducción de volatilidad	
	Sin cobertura	Con cobertura	\$	%
2006	101,84	88,76	13,07	12,84%
2007	407,06	357,67	49,39	12,13%
2008	4.964,92	5.735,72	-770,79	-15,52%
2009	110,19	104,88	5,32	4,83%
2010	740,73	660,40	80,33	10,84%
2011	763,34	689,52	73,81	9,67%
2012	693,63	620,58	73,04	10,53%
2013	3.199,84	3.046,70	153,14	4,79%
2014	240,07	239,05	1,01	0,42%
2015	1.196,85	1.152,28	44,57	3,72%
2016	701,52	690,87	10,65	1,52%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y Rosario

De los resultados obtenidos se puede observar que, a excepción del 2008 donde tuvo lugar la crisis financiera global, el uso de la opción diseñada disminuye la volatilidad de la cosecha de girasol en un promedio del 5% a 7% conforme se siga ejecutando el modelo de simulación, lo que demuestra la razonable efectividad de la opción para este cultivo.

Tabla 7: Volatilidad cosecha de Sorgo

Sorgo				
Año	Volatilidad de la cosecha		Reducción de volatilidad	
	Sin cobertura	Con cobertura	\$	%
2006	162,15	147,07	15,08	9,30%
2007	294,13	266,12	28,01	9,52%
2008	180,11	161,13	18,98	10,54%
2009	145,96	131,00	14,96	10,25%
2010	335,84	302,27	33,57	10,00%
2011	272,71	243,09	29,63	10,86%
2012	237,43	210,84	26,59	11,20%
2013	356,56	321,96	34,60	9,70%
2014	353,67	331,60	22,06	6,24%
2015	580,02	554,89	25,13	4,33%
2016	417,05	404,53	12,52	3,00%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y Rosario

De los resultados obtenidos se puede observar que el uso de la opción diseñada disminuye la volatilidad de la cosecha de sorgo en un promedio del 8% a 9% conforme se siga ejecutando el modelo de simulación, lo que demuestra también la efectividad de la opción para este cultivo.

Una vez concluido el desarrollo de la opción de venta, principalmente a ser adquirida por los productores, se procedió a efectuar la simulación para satisfacer las necesidades de cobertura de los acopiadores y plantas de procesamiento de estos granos, siendo la variable por evaluar la volatilidad en el precio pagado por tonelada. Para esto, el diseño de la opción adopta la forma de opción de compra, manteniendo la misma metodología de simulación con los mismos parámetros, variando la formula del flujo compensatorio para los casos donde se dispare el pago de la opción, definiéndola como $\text{MAX}(\text{St} - \text{Promedio K}; 0)$. Los símbolos se hayan invertidos respecto a las formulas utilizadas en la opción de venta puesto que en este caso se habla de erogaciones de fondos efectuadas por el acopiador en lugar de pagos recibidos por la venta cuando se trata de los productores.

De las simulaciones realizadas surgen los siguientes resultados:

Tabla 8: Volatilidad en pagos efectuados por acopiadores de Girasol

Girasol				
Año	Volatilidad de la cosecha		Reducción de volatilidad	
	Sin cobertura	Con cobertura	\$	%
2006	108,41	71,71	36,70	33,85%
2007	431,34	281,41	149,93	34,76%
2008	4.730,06	4.723,60	6,46	0,14%
2009	105,32	63,09	42,22	40,09%
2010	762,15	478,46	283,69	37,22%
2011	755,76	467,18	288,57	38,18%
2012	664,55	428,16	236,39	35,57%
2013	2.604,62	1.535,55	1.069,06	41,05%
2014	252,67	129,98	122,69	48,56%
2015	1.092,28	610,05	482,23	44,15%
2016	728,44	383,04	345,39	47,42%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y Rosario

De los resultados obtenidos del *backtesting* se puede observar una notoria reducción de la volatilidad del precio a pagar por el acopiador de en promedio 39,43%, excluyendo el año 2008 afectado por la crisis financiera.

Tabla 9: Volatilidad en pagos efectuados por acopiadores de Sorgo

Sorgo				
Año	Volatilidad del precio a pagar por Tn		Reducción de volatilidad	
	Sin cobertura	Con cobertura	\$	%
2006	145,98	96,11	49,87	34,16%
2007	265,87	169,78	96,09	36,14%
2008	196,66	119,71	76,94	39,13%
2009	147,56	95,31	52,24	35,40%
2010	326,76	206,99	119,76	36,65%
2011	266,01	168,42	97,59	36,69%
2012	239,19	157,24	81,94	34,26%
2013	364,03	233,20	130,83	35,94%
2014	368,69	209,64	159,05	43,14%
2015	552,61	303,28	249,33	45,12%
2016	430,96	239,25	191,71	44,49%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y Rosario

De los resultados obtenidos del *backtesting* se puede observar una notoria reducción de la volatilidad del precio a pagar por el acopiador de en promedio 38,18%.

6. Conclusiones

El presente trabajo se ha desarrollado a partir de la inexistencia de instrumentos financieros derivados para los cultivos de girasol y sorgo, lo cual significa que el productor de estos cultivos solo puede mitigar la volatilidad de la rentabilidad proveniente de su producción mediante ventas pactadas a futuro, quedando vulnerable al riesgo de contraparte en los casos donde el precio de mercado haya disminuido respecto al pactado a fecha de *delivery*, situación en la cual el acopiador puede incumplir el contrato y adquirir los granos en el mercado por un precio inferior. Por el lado del acopiador, el riesgo es similar, pero a la inversa, si el precio de mercado a fecha de *delivery* termina siendo superior al pactado, existe la posibilidad que el productor incumpla con el contrato, vendiendo su producción al mejor postor.

En ambos casos estos problemas son subsanables mediante la implementación de contratos futuros con mecánicas de *mark to market* diario u opciones de compra/venta.

No obstante, debido al bajo volumen operado en estos cultivos, dicho instrumento no se encuentra disponible en el mercado.

Este trabajo ha abordado la susodicha problemática primero relevando la situación actual del mercado y luego evaluando la factibilidad de aplicar políticas de cobertura cruzada con futuros actualmente disponibles y eventualmente creando una opción especialmente diseñada a medida.

Habiéndose recopilado la información pertinente a la situación actual del sector, puntualmente para los cultivos de sorgo y girasol se ha verificado la inexistencia de un instrumento financiero derivado que permita mitigar razonablemente la volatilidad de la cosecha para el productor. Actualmente la mecánica llevada a cabo se basa fuertemente en ventas forward hacia el acopiador, con todos los riesgos implicados que se han desarrollado en el marco teórico.

Posteriormente se ha llevado a cabo un análisis de correlación de aquellas variables que principalmente inciden en el precio de los cultivos estudiados a fin de obtener una magnitud del riesgo a cubrir en términos estadísticos, siendo estas el nivel de precipitaciones y la temperatura promedio. Las regresiones arrojan como resultado para el sorgo $R^2 = 0,768$ y $R^2 = 0,880$ para el girasol, con lo cual se puede concluir que aquellas variables han razonablemente demostrado un consistente y elevado nivel de correlación. Lo cual permitirá al productor y acopiador estimar de manera más precisa el precio del cultivo para fin de la cosecha teniendo en cuenta la variación producida en el precio ante un cambio en cada una de las variables observadas.

Una vez finalizados ambos objetivos se procedió a determinar la factibilidad de llevar a cabo una cobertura cruzada con contratos futuros en el mercado local tanto de productos agrícolas como la soja como así también con financieros como contratos de dólar futuro. De los análisis, pruebas y modelos utilizados se puede concluir que no es posible lograr una cobertura óptima y efectiva para posiciones de Sorgo y Girasol mediante los futuros agropecuarios actualmente disponibles en el mercado local, así como tampoco lo es utilizando los contratos sobre índices agropecuarios negociados en el exterior debido a que la ratio de cobertura de mínima varianza ($h^* \geq 80\%$) no logra cumplirse de manera consistente, denotando así una correlación espuria.

Finalmente se procedió con el objetivo final del trabajo, el diseño de un derivado financiero que brinde una cobertura razonable para ambos cultivos.

Ha resultado posible diseñar una opción asiática que ha demostrado razonablemente su efectividad para mitigar consistentemente la volatilidad de la cosecha de ambos cultivos; Esta opción cae bajo la categoría de opciones asiáticas con precio de ejercicio flotante. Se ha optado por diseñar este tipo de opción debido al escaso volumen operado en este tipo de activos, lo cual posibilita situaciones de manipulación de precios. Gracias a la metodología de desarrollo de las opciones asiáticas, el precio de ejercicio de éstas es determinado mediante un modelo de simulación estocástico continuo, lo cual previene posibles casos de manipulación de mercado.

El precio de ejercicio ha sido determinado mediante un modelo de simulación continua de Montecarlo, tomando como base el precio de cada cultivo al inicio del periodo de siembra, efectuando 100 iteraciones para cada una de las 10.000 simulaciones, obteniéndose así de las 100.000 observaciones un patrón que refleja razonablemente los precios máximos y mínimos que el precio base puede asumir desde el inicio hasta el final en el período de cosecha, teniendo en cuenta los parámetros tasa de interés libre de riesgo, volatilidad de la cosecha, tiempo hasta el vencimiento y progresión temporal.

De las simulaciones de precios y cálculos de *pricing* de cada una de las primas resultantes, se observó una reducción en la volatilidad del precio de la cosecha para la posición tomadora de la opción de forma consistente de un 5,07% en promedio para el girasol y un 8,63% para el sorgo.

Una vez verificada la efectividad de la opción de venta se procedió a verificar la efectividad para la opción de compra, apuntada a acopiadores y otros demandantes de los granos. Se repite la metodología utilizada para las opciones de venta y sus parámetros, variando los símbolos de los flujos de fondos ya que se entienden como erogaciones de fondos al adquirir los granos y la fórmula de determinación del flujo compensatorio. Los resultados de las simulaciones indican reducciones en la volatilidad del precio a pagar por parte de los acopiadores de en promedio 39,43% para el girasol y 38,18% para el sorgo, conforme al *backtesting* efectuado.

6.1 Futuras investigaciones

El desarrollo llevado a cabo en este trabajo sugiere que es factible llevar a la práctica los instrumentos diseñados para los cultivos de girasol y sorgo, resta para futuros trabajos elaborar los medios e instrumentos legales para ponerlos en marcha.

Resulta también interesante expandir el espectro de aplicación de la metodología desarrollada en este trabajo para otros cultivos que estén actualmente en la misma situación.

A partir de las opciones diseñadas, es posible elaborar estrategias de cobertura y especulación tales como un *straddle* para escenarios de alta volatilidad o *strangle* y *butterfly* para escenarios de baja volatilidad. Futuras investigaciones podrán determinar la efectividad de dichas estrategias en términos de reducción de volatilidad si se apunta a implementar como cobertura o en términos de rentabilidad si se conciben como estrategias de *trading*.

7. Referencias bibliográficas

- Agroindustria, M. d. (2016). *Mercados agropecuarios*. Buenos Aires: Subsecretaría de Mercados Agropecuarios.
- Agrovoz, R. (08 de Septiembre de 2017). *Agrovoz*. Obtenido de Agrovoz: <http://agrovoz.lavoz.com.ar/ganaderia/como-son-los-nuevos-contratos-de-futuro-para-ganaderia-de-matba-y-rofex>
- Asociation, C. S. (2012). *Canada Sunflower Asociation*. Obtenido de <http://www.canadasunflower.com/wp-content/uploads/2012/11/Variety-Selection.pdf>
- Association, F. I. (05 de Septiembre de 2017). *Marketswiki*. Obtenido de Marketswiki: <http://marketswiki.com/wiki/BM%26FBOVESPA>
- Bernstein, J. (1992). *Strategic Futures Trading*. Estados Unidos: Dearborn Financial Publishing Inc.
- Blanca, B. d. (2016). *GIRASOL 2016: Aceite y Subproductos*. Bahía Blanca: Bolsa de cereales de Bahía Blanca.
- BOVESPA, B. (08 de Septiembre de 2017). <http://www.portaldoinvestidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoin>

- vestidor/publicacao/Livro/Livro-TOPDerivativos.pdf. Obtenido de <http://www.portaldoinvestidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoinvestidor/publicacao/Livro/Livro-TOPDerivativos.pdf>: <http://www.portaldoinvestidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoinvestidor/publicacao/Livro/Livro-TOPDerivativos.pdf>
- CME Group. (19 de 02 de 2018). Obtenido de <http://www.cmegroup.com>: <http://www.cmegroup.com/trading/agricultural/corn-reports.html>
- Economía, M. d. (2011). *Complejo Oleaginoso*. Buenos Aires: Subsecretaría de programación económica.
- Fassio, A. &. (2015). *Apuntes para desarrollar una investigacion en el campo de la administración y el análisis organizacional*. Buenos Aires: Eudeba.
- Gonzalez, R. (08 de 24 de 2017). *Los Mercados Financieros*. Obtenido de Los Mercados Financieros: <http://losmercadosfinancieros.es/historia-de-los-mercados-de-derivados.html>
- Granos, S. (2017). *Informe mensual Agosto 2017*. Buenos Aires: Subsecretaría de mercados agropecuarios.
- Gro Intelligence. (19 de 02 de 2018). Obtenido de <https://www.gro-intelligence.com>: <https://www.gro-intelligence.com/use-cases/chinese-soybean-demand>
- Group, C. (04 de Septiembre de 2017). *CME Group*. Obtenido de CME Group: <http://www.cmegroup.com/education/cross-hedge-effectiveness-of-ags-commodities.html>
- Hewezi, T., Léger, M., El Kayal, W., & Gentzbittel, L. (2006). *Transcriptional profiling of sunflower plants growing under low temperatures reveals an extensive down-regulation of gene expression associated with chilling sensitivity*. Tolosa: Journal of Experimental Botany.
- Hull, J. C. (2012). *Introduction to futures and options markets*. Toronto: Pearson.
- IndexMundi. (15 de Septiembre de 2018). *IndexMundi*. Obtenido de <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=sorghum&graph=production>
- India Infoline News Service. (10 de 10 de 2017). *IIFL*. Obtenido de https://www.indiainfoline.com/article/news-top-story/demand-for-sunflower-oil-in-india-s-rises-nearly-five-fold-117101000365_1.html
- Infoagro. (15 de Septiembre de 2018). *Infoagro*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2008). *Pre-germinado en Trigo, un problema de la presente cosecha: detección y consecuencias*. Montevideo: INIA Uruguay.
- INTA. (2011). *Manual de Sorgo*. Buenos Aires: Publicaciones Regionales.

- INTA. (2016). *INTA*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf
- INTA. (2 de Septiembre de 2017). *INTA*. Obtenido de <http://inta.gob.ar/documentos/principales-cultivos-por-provincia-argentina-y-mes-de-siembra-y-cosecha>
- Kansas Grain Sorghum. (24 de Marzo de 2019). Obtenido de Kansas Grain Sorghum: <https://ksgrainsorghum.org/top-grain-sorghum-producing-counties-in-kansas/>
- Kolb, R. (2010). *Financial derivatives*. New Jersey: Wiley.
- Kolb, R. (2010). *Financial derivatives*. New Jersey: Wiley.
- Larralde, A. (2017). *Perspectivas del mercado de Girasol*. Buenos Aires: Subsecretaría de Mercados Agropecuarios.
- Les, C., & Chris, S. (1998). *Implementing derivatives models*. West Sussex: Wiley.
- Marek Musiela, M. R. (2005). *Exotic Options*. In: *Martingale Methods in Financial Modelling. Stochastic Modelling and Applied Probability*. Berlin: Springer.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2015). *Mercado de Sorgo: Situación mundial y local*. Buenos Aires: Dirección nacional de información y mercados.
- National Sunflower Association. (25 de Marzo de 2019). *National Sunflower Association*. Obtenido de <https://www.sunflowerlsa.com/growers/Crop-Insurance/>
- North Dakota State University. (25 de Marzo de 2019). *North Dakota State University*. Obtenido de <https://www.ag.ndsu.edu/drought/forages-and-grazing/irrigated-sunflowers>
- Orchard, P., & Jessop, R. (1984). *The response of sorghum and sunflower to short-term waterlogging*. New England: Martinus Nihoff/Dr W. Junk Publishers.
- Paso, R. L. (2013). *El origen de los mercados de futuros*. eXotikos.
- Peacock, J. (1982). *Response and Tolerance of Sorghum to Temperature Stress*. Patancheru: ICRISAT.
- Perossa, M. (2010). *Introducción a las finanzas corporativas*. Buenos Aires: Aplicacion tributaria S.A.
- Perossa, M. (2014). *Introducción a las Finanzas Corporativas*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Aplicación tributaria.
- Prasad, V., Pisipati, S., & Mutava, R. (25 de Marzo de 2019). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/240787259_Sensitivity_of_Grain_Sorghum_to_High_Temperature_Stress_during_Reproductive_Development

- Rabobank. (05 de 2017). Obtenido de https://research.rabobank.com:https://research.rabobank.com/far/en/sectors/grains-oilseeds/global_wheat_demand_article_1.html
- Ram, R., Ali, F., & Risch, E. (2018). *Effects of Drought on Crop Production*. Texas: National Institute of Food and Agriculture.
- ROFEX. (04 de Septiembre de 2017). ROFEX. Obtenido de ROFEX: <http://www.rofex.com.ar/upload/reglamentos/SOJA%20CONDICI%C3%93N%20C%C3%81MARA.pdf>
- ROFEX. (2 de Septiembre de 2017). *rofex.com.ar*. Obtenido de ROFEX: http://www.rofex.com.ar/data/introduccion_mercado_agro/
- Rondanini, D., Mantese, A., Savin, R., & Hall, A. J. (2006). *Responses of sunflower yield and grain quality to alternating day/night high temperature regimes during grain filling: Effects of timing, duration and intensity of exposure to stress*. Buenos Aires: ELSEVIER.
- Ross, W. &. (2003). *Corporate Finance*. New York: McGraw-Hill.
- Rubinstein, M. (1991). *Exotic Options*. Berkeley: University of California.
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- SENASA. (20 de Septiembre de 2018). SENASA. Obtenido de <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/noticias/argentina-se-posiciona-como-un-fuerte-y-confiable-proveedor-de-sorgo>
- SSMA. (2016). *Informe sobre el Sorgo*. Buenos Aires: SSMA.
- University, K. S. (1997). *Cross Hedging Agricultural commodities*. Kansas: Kansas university press.
- Wang, H. (08 de 2017). *CHINA'S GRAIN SORGHUM IMPORT DEMAND: MEASURING THE EFFECT OF POLICIES ON PRICE RELATIONSHIPS AND FUTURE TRENDS*. Obtenido de <https://ttu-ir.tdl.org:https://ttu-ir.tdl.org/ttu-ir/bitstream/handle/2346/73184/WANG-DISSERTATION-2017.pdf?sequence=1>
- Wilmott, P. (1993). *Option Pricing: Mathematical Models and Computation*. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge.

Solicitud de constitución de Jurado para Defensa del TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA		Código de la Maestría M17
Nombre y apellido del alumno Eduardo Martin Hamaui		Tipo y N° de documento de identidad: DNI 35.118.723
Año de ingreso a la Maestría – Ciclo 2016	Fecha de aprobación de la última asignatura rendida 15/12/2017	
Título del Trabajo Final Cultivos sin mercado de futuros, <i>cross hedge</i> y opciones exóticas en Argentina 2006-2016		
Solicitud del Director de Trabajo Final Comunico a la Dirección de la Maestría que el Trabajo Final bajo mi dirección se encuentra satisfactoriamente concluido. Por lo tanto, solicito se proceda constituir el correspondiente Jurado para su evaluación y calificación final. Firma del Director de Trabajo Final Aclaración.....		
Datos de contacto del Director		
Correo electrónico		Teléfonos
Se adjunta a este formulario: • Trabajo Final de Maestría impreso (indicar cantidad de copias presentadas) • CD con archivo del Trabajo Final en formato digital (versión Word y PDF) • Certificado analítico		
Fecha	Firma del alumno	