



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ESTADÍSTICA**

**CARRERA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN FINANZAS**

**Tema: Mercado de futuros y opciones agrícolas en Argentina (2004-2020):  
volatilidad, cobertura y arbitraje.**

**Autor: Lic. Federico N. López**

**Director: Dr. Marcelo Perillo**

**Fecha: 01/06/2021**

## Resumen

La actividad agrícola está influenciada por diversos factores exógenos que la hacen una actividad riesgosa en términos económicos y financieros, y que hacen necesaria, en consecuencia, una adecuada administración del riesgo (*risk management*), para lograr maximizar el valor de la producción de las empresas y garantizar su supervivencia, en un mundo cada vez más competitivo. Se analizarán las diversas formas que tiene el productor agropecuario argentino para administrar el riesgo de su negocio y cuáles son las estrategias más comunes a la hora de *hedgear* sus posiciones en el mercado, prestando especial atención al período comprendido entre los años 2004 y 2020. El uso de futuros y opciones agropecuarias se ha ido generalizando a lo largo de los años en Argentina y les ha permitido a todos los participantes del circuito productivo, el acceso a una herramienta innovadora para aislarse parcial o totalmente de la volatilidad en los precios de los *commodities* y el riesgo que esto conlleva.

**Palabras clave:** cobertura, futuros, opciones, valuación, arbitraje, volatilidad.

*Dedico este trabajo a mis  
padres, quienes lo dieron todo  
para que culmine mis estudios,  
a mi novia quién me acompañó  
incondicionalmente y a mis  
amigos, que son el sostén de mi  
vida.*

## **Agradecimientos**

*Al Dr. Marcelo Perillo, director de mi trabajo final y profesor de la Maestría en Finanzas de la Universidad Nacional de Rosario, quién generosamente me ha compartido sus conocimientos y me ha acompañado en el proceso de construcción del trabajo con suma responsabilidad.*

*A la Universidad Nacional de Rosario y a su Facultad de Ciencias Económicas y Estadística, que me recibe con calidez y me ha transmitido su calidad educativa y conocimientos de excelencia desde hace muchos años.*

*A Grassi S.A que ha hecho mucho por consolidar mi experiencia en los mercados agrícolas y financieros.*

## Índice

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introducción .....                                                                                    | 8  |
| 2. Marco Teórico.....                                                                                    | 9  |
| 2.1. Mercados agrícolas y la comercialización de granos en Argentina .....                               | 9  |
| 2.1.1. Generalidades .....                                                                               | 9  |
| 2.1.2. Sistema de comercialización de granos argentino.....                                              | 10 |
| 2.1.2.1. Otras características importantes de la estructura del mercado.....                             | 12 |
| 2.1.2.2. Etapas y participantes de la comercialización de granos.....                                    | 13 |
| 2.1.2.3. Otros sujetos intervinientes .....                                                              | 13 |
| 2.1.2.4. Encadenamiento de precios de los productos agrícolas. La ley del único precio. Aplicación ..... | 14 |
| 2.1.2.5. Estructura de costos productivos. Evolución 2004-2020 .....                                     | 16 |
| 2.1.2.6. Comportamiento del productor agropecuario argentino.....                                        | 19 |
| 2.1.2.7. Tipología de productores agropecuarios .....                                                    | 20 |
| 2.1.2.8. <i>Pools</i> de productores .....                                                               | 20 |
| 2.1.2.9. Modalidades de negocios tradicionales.....                                                      | 20 |
| 2.2. Administración del riesgo agrícola y contratos derivados. <i>Risk Management</i> .....              | 21 |
| 2.3. Antecedentes históricos de los contratos derivados .....                                            | 23 |
| 2.3.1. Formación de los mercados de derivados en Estados Unidos .....                                    | 25 |
| 2.3.2. Mercado de derivados en Argentina.....                                                            | 26 |
| 2.4. Elementos conceptuales .....                                                                        | 27 |
| 2.4.1. Contratos derivados.....                                                                          | 27 |
| 2.4.2. Activo subyacente .....                                                                           | 28 |
| 2.4.3. Tipos de derivados .....                                                                          | 28 |
| 2.4.3.1. Contratos a plazo o <i>forwards</i> .....                                                       | 28 |
| 2.4.3.2. Contratos de futuros .....                                                                      | 28 |
| 2.4.3.3. Contratos de opciones .....                                                                     | 28 |
| 2.4.3.4. <i>Swaps</i> .....                                                                              | 29 |
| 2.4.4. Mercados Institucionalizados vs. Mercados <i>Over The Counter</i> (OTC).....                      | 29 |
| 2.4.5. Coberturistas ( <i>Hedgers</i> ) vs. Especuladores.....                                           | 30 |
| 2.4.6. Cámara de compensación ( <i>Clearing House</i> ).....                                             | 30 |
| 2.4.6.1. Flujos que intervienen en las operaciones de futuros .....                                      | 31 |
| 2.5. Futuros.....                                                                                        | 32 |
| 2.5.1. Funcionamiento y ejemplos de cobertura con futuros. Administración de riesgos... 32               |    |
| 2.5.1.1. Modelos de cobertura de mínimo riesgo .....                                                     | 33 |
| 2.5.1.2. Coberturas cortas (cobertura vendedora). Ejemplo .....                                          | 33 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.1.3. Coberturas largas (cobertura compradora). Ejemplo.....                                          | 35 |
| 2.5.1.4. Convergencia del precio de futuros con el precio spot. Riesgo base .....                        | 37 |
| 2.5.1.5. Cobertura cruzada .....                                                                         | 39 |
| 2.5.1.6. Operaciones combinadas (pases).....                                                             | 39 |
| 2.5.1.7. Determinación del precio futuro de un activo .....                                              | 40 |
| 2.5.1.7.1. Supuestos y generalización. Modelo “ <i>Cost of Carry</i> ” .....                             | 40 |
| 2.5.1.7.2. Determinación del precio futuro de <i>commodities</i> agrícolas .....                         | 41 |
| 2.5.1.7.3. Determinación del precio futuro de una divisa. Teoría de la paridad de tasas de interés ..... | 42 |
| 2.5.1.7.4. Tasas implícitas de futuros sobre divisas .....                                               | 44 |
| 2.6. Opciones.....                                                                                       | 44 |
| 2.6.1. Opción de compra ( <i>Call option</i> ).....                                                      | 45 |
| 2.6.2. Opción de venta ( <i>Put option</i> ) .....                                                       | 45 |
| 2.6.3. <i>Moneyness</i> de una opción (grado de dinero) .....                                            | 46 |
| 2.6.4. Propiedades de las opciones de compra ( <i>call</i> ) americanas.....                             | 47 |
| 2.6.5. Propiedades de las opciones de venta ( <i>put</i> ) americanas .....                              | 48 |
| 2.6.6. Paridad <i>Put-Call</i> .....                                                                     | 49 |
| 2.6.6.1. Futuro sintético.....                                                                           | 49 |
| 2.6.7. Valor intrínseco y valor tiempo .....                                                             | 50 |
| 2.6.8. Opciones sobre futuros.....                                                                       | 50 |
| 2.6.9. Estrategias con opciones .....                                                                    | 51 |
| 2.6.9.1. Cobertura vendedora. Ejemplo.....                                                               | 51 |
| 2.6.9.2. Cobertura compradora. Ejemplo .....                                                             | 52 |
| 2.6.9.3. Lanzamiento cubierto .....                                                                      | 54 |
| 2.6.9.4. <i>Covered put</i> .....                                                                        | 56 |
| 2.6.9.5. <i>Spreads</i> .....                                                                            | 56 |
| 2.6.9.6. <i>Collar</i> .....                                                                             | 57 |
| 2.6.9.7. <i>Straddle</i> (Cono).....                                                                     | 58 |
| 2.6.10. Valuación de opciones .....                                                                      | 59 |
| 2.6.10.1. Modelo de Black-Scholes para la valuación de opciones .....                                    | 59 |
| 2.6.10.2. Distribución normal de probabilidad.....                                                       | 60 |
| 2.6.10.3. Letras Griegas .....                                                                           | 61 |
| 2.6.10.3.1. Delta .....                                                                                  | 62 |
| 2.6.10.3.2. Gamma .....                                                                                  | 62 |
| 2.6.10.3.3. Theta.....                                                                                   | 62 |
| 2.6.10.3.4. Vega .....                                                                                   | 63 |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.6.10.3.5. Rho .....                                                          | 63  |
| 2.6.10.3.6. Relación delta, gamma y theta .....                                | 63  |
| 3. Estrategias de cobertura en el mercado argentino.....                       | 64  |
| 3.1. Cobertura de maíz con contratos de CBOT. Ratios óptimos.....              | 64  |
| 3.1.1. Regresión lineal simple (Maíz CBOT/Maíz <i>SPOT</i> ).....              | 67  |
| 3.2. Cobertura de soja con contratos de CBOT. Ratios óptimos.....              | 69  |
| 3.2.1. Regresión lineal simple (Soja CBOT/Soja <i>SPOT</i> ) .....             | 72  |
| 3.3. Cobertura de trigo con contratos de CBOT. Ratios óptimos.....             | 75  |
| 3.3.1. Regresión lineal simple (Trigo CBOT/Trigo <i>SPOT</i> ).....            | 77  |
| 3.4. Cobertura de maíz con contratos de MATBA-ROFEX. Ratios óptimos .....      | 80  |
| 3.4.1. Regresión lineal simple (Maíz MATBA-ROFEX/Maíz <i>SPOT</i> ).....       | 82  |
| 3.5. Cobertura de soja con contratos de MATBA-ROFEX. Ratios óptimos.....       | 86  |
| 3.5.1. Regresión lineal simple (Soja MATBA-ROFEX/Soja <i>SPOT</i> ).....       | 88  |
| 3.6. Cobertura de trigo con contratos de MATBA-ROFEX. Ratios óptimos.....      | 92  |
| 3.6.1. Regresión lineal simple (Trigo MATBA-ROFEX/Trigo <i>SPOT</i> ) .....    | 94  |
| 3.7. Operaciones combinadas con futuros. Aplicación .....                      | 98  |
| 3.7.1. Pase de maíz abril con maíz julio (MATBA-ROFEX) .....                   | 98  |
| 3.7.2. Condición de soja “a fijar” (PAF) con pase de cosecha. Aplicación ..... | 99  |
| 3.7.3. Condición de maíz “a fijar” con pase. Aplicación .....                  | 101 |
| 3.8. Opciones. <i>Risk management</i> y <i>delta hedging</i> .....             | 103 |
| 4. Comentarios finales.....                                                    | 108 |
| 5. Referencias bibliográficas .....                                            | 110 |
| 6. Anexo .....                                                                 | 113 |
| 6.1. Modelo de regresión lineal simple .....                                   | 113 |
| 6.1.1. Estimación de la recta: mínimos cuadrados .....                         | 114 |
| 6.1.2. Coeficiente de determinación $R^2$ .....                                | 114 |
| 6.1.3. Coeficiente de correlación.....                                         | 114 |
| 6.1.4. Pruebas de hipótesis y análisis de variancia.....                       | 115 |
| 6.1.4.1. Prueba $F$ .....                                                      | 115 |
| 6.1.4.2. Prueba $t$ .....                                                      | 115 |

## 1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo brindar un análisis específico en lo que refiere a la administración de riesgos (*risk management*) del negocio agrícola y cuáles son las variantes a las que se enfrenta el productor agropecuario argentino a la hora de tomar decisiones referidas a la rentabilidad de su negocio y a la maximización del valor de su firma, tomando el lapso 2004-2020 como período de análisis.

Se comenzará con un estudio global del mercado de granos argentino, observando su estructura, los participantes, el lugar que ocupa en la economía argentina y las características del sistema de comercialización en general, para comprender el ámbito de negociación del productor agropecuario en el mismo, y como éste interactúa con los demás operadores de la cadena comercial. Se estudiará además la ley del único precio y cómo esta funciona en el mercado de *commodities* agrícolas.

En lo que refiere a los instrumentos de cobertura propiamente dichos, se hará un estudio general del funcionamiento del mercado y los tipos de instrumentos derivados, para pasar luego a un análisis específico de los contratos de futuros y opciones.

Se esbozará un breve recorrido histórico para ubicar en el tiempo la gestación de los instrumentos financieros derivados. Allí, se observará cómo los agentes comerciales de antaño, ante el paulatino crecimiento de los mercados, han buscado naturalmente la aplicación de “seguros de precio” para fijar márgenes de rentabilidad apropiados y lograr así, su supervivencia económica.

En primer lugar, se estudiarán los contratos de futuros, sus particularidades, la dinámica de su funcionamiento, los tipos de cobertura y su valuación atendiendo al modelo *Cost of Carry*.

Se analizarán los ratios de cobertura óptimos con los mercados *Chicago Board of Trade* (CBOT) y MATBA-ROFEX, y se correrán algunas regresiones lineales simples para observar el grado de determinación entre los precios de ambos mercados, partiendo de algunas hipótesis de trabajo.

Por otro lado, se estudiarán diversas operaciones combinadas entre los contratos de futuros (*pases*) de MATBA-ROFEX para el armado de algunas condiciones comerciales habituales que los agentes económicos ofrecen en el mercado argentino y que son demandadas por el productor agropecuario en cosecha.

En segundo lugar, se hará un análisis del mercado de opciones agropecuarias y se observará cuáles son las estrategias más usuales a la hora de cubrir posiciones abiertas en el mercado.

Aquí se prestará especial atención a la valuación de opciones mediante el modelo *Black-Scholes* y su aplicación para la cobertura de carteras de opciones a partir de la utilización del “*delta hedging*” por parte de los *market-makers*, quienes proveen de liquidez a todos los compradores y vendedores del mercado.



## 2. Marco Teórico

### 2.1. Mercados agrícolas y la comercialización de granos en Argentina

Es importante comenzar con un análisis global de la comercialización de granos en Argentina para comprender dónde se ubica el productor agropecuario y cuáles son sus objetivos principales y perspectivas.

Miliozzi (2011) define “ (...) cuando hablamos de economías de los mercados agrarios debemos entender que esta abarca el análisis teórico del mercado de productos agrarios y el análisis descriptivo del proceso que lleva los productos agrarios desde el productor hasta el consumidor, así como el estudio de la estrategia de los operadores que intervienen.” (pág. 6).

Bini et al. (2000) define a los mercados de granos: “(...) conjunto de instituciones, instrumentos y prácticas comerciales, orientados a la transferencia de productos agrícolas entre agentes económicos.” (pág. 27).

#### 2.1.1. Generalidades

Según las estimaciones del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, la producción argentina de los principales granos (soja, maíz, trigo, girasol, cebada forrajera y cervecera, y sorgo) para la campaña 2019/20, totalizó alrededor de la 135 millones de toneladas (*tn*).

De acuerdo a Calzada (2019), el 60% de las exportaciones de Argentina están generadas por el sector agropecuario y agorindustrial. A su vez el sector agrícola representa el 10% del PBI argentino, que si se le suman la producción de bienes agropecuarios, los agroindustriales y los servicios, dicho porcentaje asciende al 34%.

De acuerdo a La Bolsa de Comercio de Rosario (2017a), Argentina destina un total aproximado de 38 millones de hectáreas (*ha*) para su producción de granos.

La Zona Núcleo, que comprende el sur de Santa Fe, el este de Córdoba y el norte de Buenos Aires, es la mayor zona productora del país y representa aproximadamente el 30% de la producción total de granos. Si se toman estas tres provincias en su totalidad, se observa que produjeron aproximadamente 100 millones de toneladas para la campaña 2019/20, lo que representó el 74% de la producción total (de acuerdo a datos del MAGyP<sup>1</sup>).

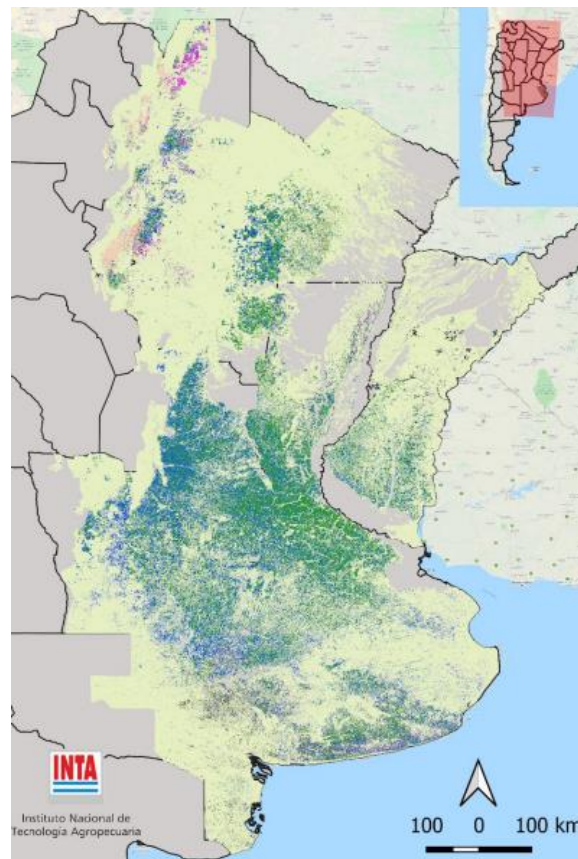
A partir de imágenes satelitales provenientes de la plataforma *Landsat 8*<sup>2</sup>, puede observarse en detalle la concentración de los principales productos en la zona núcleo del país:

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación Argentina.

<sup>2</sup> Satélite estadounidense de observación de la tierra que mediante la utilización de dos sensores (*Operational Land Imager* y el *Thermal Infra Red Sensor*) recopila y archiva datos de imágenes de resolución media sobre la tierra.

## Mapa de producción de cultivos de verano



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Todo esto ubica a Argentina como un jugador de importancia en el mercado de *commodities* a nivel mundial. Se estima que la producción mundial de granos se ubica en torno a los 3.000 millones de toneladas, lo que deja a Argentina con un *market-share* internacional cercano al 4%. Sin embargo, a pesar de su importancia relativa, Argentina es tomadora de precios a nivel global, es decir, que tiene poca capacidad de incidencia de los precios internacionales. (Bolsa de Comercio de Rosario 2017a).

### 2.1.2. Sistema de comercialización de granos argentino

La comercialización de granos posee algunas peculiaridades en lo que refiere a la estructura de mercado.

En primer lugar, desde el lado de la oferta existen participantes muy atomizados, que si bien fueron ganando espacio a lo largo del tiempo, en general siguen representando una porción muy pequeña de la producción total, lo que dificulta su capacidad de incidir en los precios (a esto se agrega que la demanda se encuentra concentrada en un número reducido de exportadores y procesadores de granos). Es por ello que aquí juegan un rol fundamental los acopios que permiten cierta concentración desde el punto de vista de la oferta para palear los desequilibrios en la estructura del mercado. (Bini et al., 2000)

En segundo lugar, es importante estudiar la estacionalidad de la producción de los *commodities* agrícolas. En Argentina la mayor parte de la producción se cosecha en el primer semestre. (Bolsa de Comercio de Rosario (2017a). Bini et al. (2000) afirma: “(...) En este contexto y teniendo en cuenta la estacionalidad de la producción, es necesario

contar con capacidad de almacenaje suficiente debido a que los productos agrarios fluyen al mercado en un corto lapso (en época de cosecha) pero son consumidos durante todo el año.” (pág. 13).

A continuación se muestra el calendario de siembra y cosecha de todos los productos agrícolas producidos en el país, lo que resultará muy importante para comprender la dinámica del negocio agrícola y cómo el productor argentino toma sus decisiones comerciales.

### *Calendario agrícola de granos argentino (siembra y cosecha)*

| Cultivo          | Ene                        | Feb | Mar | Abr | May | Jun                        | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic       |
|------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| Algodón          |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Alpiste          |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Arroz            |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Avena grano      |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Avena pastoreo   |                            |     |     |     |     | PASTOREO DESDE LOS 60 DÍAS |     |     |     |     |     |           |
| Cártamo          |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Cebada grano     |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Cebada pastoreo  |                            |     |     |     |     | PASTOREO DESDE LOS 60 DÍAS |     |     |     |     |     |           |
| Centeno          |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Colza            |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Girasol          |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Lino             |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Maíz grano       |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Maíz grano de 2° |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Maíz silaje      |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Maní             |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Mijo             |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Moha             |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Soja de 1°       |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Soja de 2°       |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Sorgo grano      |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Sorgo silaje     |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
| Sorgo forrajero  | PASTOREO DESDE LOS 45 DÍAS |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     | PASTOR... |
| Trigo            |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
|                  |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |
|                  |                            |     |     |     |     |                            |     |     |     |     |     |           |

Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario.

Por otro lado, es interesante observar cómo esta naturaleza estacional de la producción influye en los precios de los *commodities*. En el siguiente gráfico se observa específicamente cómo el precio *FAS*<sup>3</sup> de la soja disminuye en momentos de cosecha (marzo, abril y mayo) y se incrementa fuera de la misma.

<sup>3</sup> El precio *Free Alongside Ship* (FAS) o “Libre de Gastos al Costado del Buque”, hace referencia al precio del producto puesto en la planta exportadora, antes del embarque.

### Precio FAS Soja (Rosario)



Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por La Cámara Arbitral de Cereales de Rosario.

#### 2.1.2.1. Otras características importantes de la estructura del mercado

Se suman a los tópicos anteriores algunos elementos importantes a la hora de analizar el mercado de granos argentino (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017a):

- **Especialización espacial:** la producción de granos argentina se encuentra distribuida en el espacio del territorio de acuerdo a razones ecológicas y de rentabilidad. Es importante aquí el desarrollo de un sistema de transporte dinámico y eficiente que sea capaz de agregar lo que se denominará más adelante “valor espacio” a la producción y que será un factor elemental en el desarrollo del mercado.
- **Volatilidad de la oferta:** refiere a los factores climáticos (lluvias, granizo etc.) que afectan de manera cierta los volúmenes productivos.
- **Necesidad capital externo a la firma:** este punto resulta ser sumamente importante ya que para iniciar el ciclo agrícola se requiere, en general, financiamiento externo. Esto se explica por el hecho de que al comenzar a afrontar los costos de la campaña siguiente todavía no ha finalizado la venta de lo producido por la anterior, por lo que se hace difícil sostener el negocio en forma sistemática con capital propio. Por lo general, el productor recibe insumos (semillas, combustible, fertilizantes etc.) de los acopios, cooperativas o canjeadores<sup>4</sup> durante el proceso de siembra y se compromete a entregarles su producción como pago, en cosecha.
- **Infraestructura de almacenaje:** de acuerdo a datos de La Bolsa de Comercio de Rosario (2017a), Argentina cuenta con una capacidad de almacenaje de granos que ronda el 100% de la producción total. La capacidad de almacenaje fijo en mano de productores y acopiadores se encuentra en niveles de 74 millones de toneladas, mientras que la capacidad de almacenaje transitorio asciende a

<sup>4</sup> Se denomina “canjeadores” a aquellos participantes de la etapa primaria de comercialización que proveen a los agricultores de los insumos necesarios para producir (semillas, combustibles, fertilizantes, agroquímicos etc.) y que cobran sus productos mediante un canje, en el cual el productor, en vez de entregar dinero, entrega producción real por un valor equivalente al de la compra de insumos.

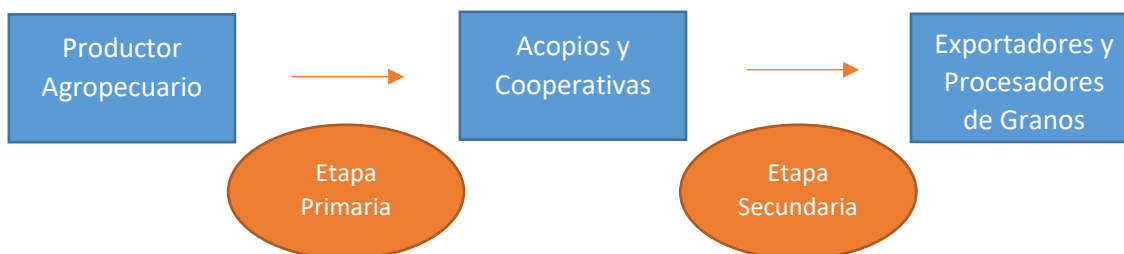
aproximadamente 45 millones de toneladas. El almacenaje resulta importante desde el punto de vista comercial, ya que le permite a los productores trasladar la mercadería en el tiempo y así evitar precios bajos durante la cosecha.

Además, otro elemento importante de este mercado radica en que existe una “demanda derivada” de los productos agrarios, ya que los consumidores no obtienen los bienes directamente del productor, si no que estos pasan primero por diversos eslabones que van añadiendo valor a la cadena. Se habla de “valor espacio” al valor añadido por el transporte de la mercadería, de “valor tiempo” al valor surgido del almacenamiento y de “valor forma” al valor derivado de la industrialización de la materia prima. (Miliozzi, 2011).

### 2.1.2.2. Etapas y participantes de la comercialización de granos

En general, existen tres etapas elementales en la comercialización de granos. Una etapa primaria<sup>5</sup> conformada por las operaciones de compraventa entre el productor y los acopios<sup>6</sup> o cooperativas de primer y segundo grado<sup>7</sup>, una etapa secundaria en la que el acopio o cooperativa le vende los productos a los exportadores o industriales procesadores de granos, y por último una etapa terciaria o “mercado FOB<sup>8</sup>” en la que los exportadores dirigen sus compras al exterior. Es importante aclarar que si bien este esquema sigue funcionando, existen productores agropecuarios con capacidad y estructura de almacenamiento y acondicionamiento de mercadería que les permite negociar directamente con exportadores e industriales (lo cual pertenece a la etapa primaria de comercialización). (Bini et al., 2000).

#### *Participantes del mercado. Esquema tradicional*



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.2.3. Otros sujetos intervinientes

<sup>5</sup> En la etapa primaria el vendedor es el productor agropecuario y, en general, el producto se vende como sale del campo. (Bini et al., 2000).

<sup>6</sup> Son empresas con fines de lucro que mantienen contacto directo con productores y cumplen la función esencial de acondicionamiento y almacenaje de sus productos. También ofrecen financiamiento, servicios de logística, insumos etc.

<sup>7</sup> Las cooperativas de primer grado son sociedades de productores que negocian sus productos en nombre de ellos, en consignación. A su vez, estas cooperativas están agrupadas en cooperativas de segundo grado, que suelen actuar como exportadores, aunque no siempre es el caso. Estas últimas le pueden comprar mercadería a la cooperativa de primer grado y exportarla, o bien, vender sus productos a otros exportadores, actuando como intermediarios internos.

<sup>8</sup> La sigla FOB refiere al mercado de exportación “Free On Board” o “Libre de gastos a bordo”. El precio FOB es un indicador de valor que refleja lo que los clientes externos están dispuestos a pagar por los granos argentinos.

- **Corredores:** su función elemental es poner en contacto a la oferta y la demanda. Están en continuo contacto con productores, acopios, exportadores e industriales para encontrar la forma más adecuada de cerrar negocios y lograr así una comisión proporcional al valor total de la transacción. Estos en ningún momento compran o venden mercadería por cuenta propia, sino que lo hacen por cuenta de terceros, en consignación.
- **Correacopios:** es una figura relativamente nueva en el mercado de granos y no son más que casas corredoras que han sumado a su estructura acopios propios que les permiten generar nuevas condiciones de negocios más competitivas, y además permiten una mayor concentración de oferta, lo que en principio tiende a equilibrar el mercado. Los correacopios tienen la posibilidad de comprar y vender granos, lo que les permite tomar diversas posiciones en el mercado de acuerdo a lo que crean conveniente y obtener mayores márgenes de rentabilidad.
- **Bolsas de Comercio:** su función tradicional siempre fue la de brindar un ámbito de negociación para que oferentes y demandantes tengan un lugar de encuentro. Son asociaciones sin fines de lucro que reglamentan las operaciones y trabajan por los intereses de los participantes. Además brindan algunos servicios, como por ejemplo, laboratorios de análisis para certificar la calidad de los productos que se negocian bajo su reglamento.
- **Cámaras Arbitrales:** en general están dentro de la órbita de las Bolsas de Comercio y cumplen algunas funciones importantes, como dictar reglamentos para las operaciones de compra-venta, brindar servicios de laboratorio de análisis, fijar los precios de “pizarra<sup>9</sup>” y dirimir conflictos entre operadores mediante un tribunal arbitral. La CAC (Cámara Arbitral de Cereales) es la Cámara Arbitral asociada a la Bolsa de Comercio de Rosario.

#### 2.1.2.4. Encadenamiento de precios de los productos agrícolas. La ley del único precio. Aplicación

Cuando el comercio es abierto y no existen costos de transporte, dos bienes idénticos deben comercializarse a los mismos precios relativos de forma independiente del lugar donde el mismo sea vendido, cuando este se exprese en una misma unidad monetaria. (Krugman, Obstfeld y Melitz, 2016). Es decir:

$$P_{ARG} = P^* \times E$$

donde:

- $P_{ARG}$ : precio en Argentina del bien.
- $P^*$ : precio internacional del bien.
- $E$ : tipo de cambio nominal.

La ley de precio único funciona bien para el mercado de *commodities* en el que los bienes son homogéneos y no poseen diferenciación. Pero si se procede a suprimir el supuesto de inexistencia de costos de transporte, como existen mercados internacionales, nacionales y locales, hay que considerar otras cuestiones. En el caso de los productos granarios, el

---

<sup>9</sup> La pizarra es un índice de precios que toma un promedio ponderado de las operaciones realizadas en el mercado disponible (*spot*) de la Bolsa de Comercio en un determinado día. Es publicado por una Cámara Arbitral de Cereales.

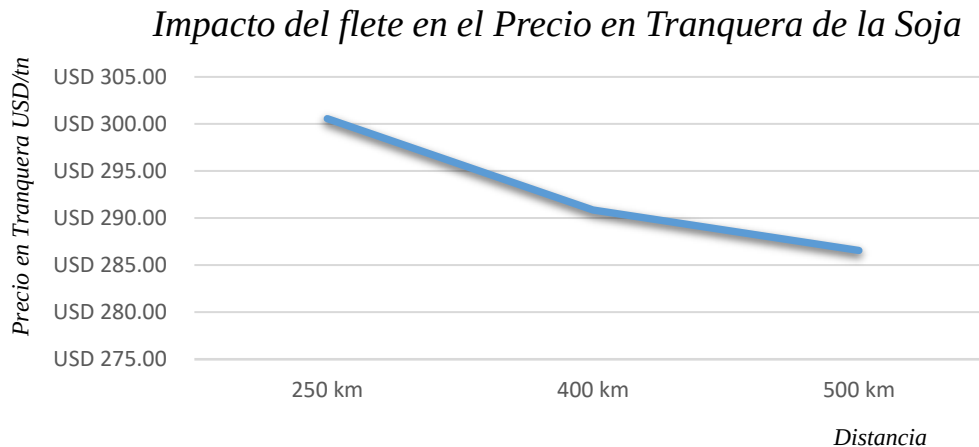
costo de transporte es relativamente bajo ya que son fácilmente transportables. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017a).

De este modo, se llega a la conclusión de que el precio que reciben los diversos productores (conocido como “Precio en Tranquera”) difiere, en esencia, sólo por los costos de transporte a los que incurren para transportar su producción. A continuación se analizará el encadenamiento de los precios hacia atrás, partiendo del precio de exportación FOB de la soja en cosecha en el mes de mayo de 2021 para la zona de *Up River*<sup>10</sup>:

#### *Encadenamiento de precios en el mercado agropecuario argentino.*

|                                                                                                        |            |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|
| <b>Precio FOB SOJA <i>Up River</i> (23/2/21)</b>                                                       | <b>USD</b> | <b>505,97</b> |
| Retenciones (DEX 33%)                                                                                  | USD        | 166,97        |
| Otros gastos*                                                                                          | USD        | 16,50         |
| <b>Total gastos de <i>fobbing</i> (DEX + Otros gastos)</b>                                             | <b>USD</b> | <b>183,47</b> |
| <b>Precio FAS Rosario</b>                                                                              | <b>USD</b> | <b>322,50</b> |
| Precios al productor de acuerdo a su ubicación geográfica:                                             |            |               |
| Precio en Tranquera a 500 km de Rosario                                                                | USD        | 286,56        |
| Precio en Tranquera a 400 km de Rosario                                                                | USD        | 290,87        |
| Precio en Tranquera a 250 km de Rosario                                                                | USD        | 300,56        |
| (*) Carga y descarga en puertos, Senasa, inspecciones, comisión corredor FOB, gastos comerciales, etc. |            |               |

Fuente : Bolsa de Comercio de Rosario y Confederación Argentina de Transporte Automotor de Cargas (CATAC)



Fuente: elaboración propia.

Se observa aquí el funcionamiento general del mercado de granos para el caso de Argentina. Como ya se vio, el precio FOB (*Free On Board*<sup>11</sup>) es el precio que los importadores externos están dispuestos a pagar por los granos puestos en el embarque al costado del puerto y es lo que recibe el exportador. A este valor se le deben restar los diversos gastos de *fobbing* en los que incurre el exportador desde que recibe la mercadería hasta que realiza el proceso de carga en el buque (derechos de exportación, carga y descarga en el puerto, inspecciones, comisión al *broker* FOB, gastos de *marketing* y

<sup>10</sup> Se conoce como “*Up River*” a la zona portuaria ubicada en las costas del Río Paraná de Argentina, que comienza en Arroyo Seco (en el sur de Santa Fe) y finaliza en Timbúes (Norte de Rosario).

<sup>11</sup> Precio libre de gastos en la bodega del buque.

comercialización, SENASA<sup>12</sup> etc.) para obtener su capacidad teórica de pago o precio FAS Teórico (*Free Alongside Ship*). Este es el precio teórico que puede pagarle al productor agropecuario por sus productos. (Bini, et al. 2000 y Bolsa de Comercio de Rosario, 2017a).

Bini et al. (2000) explica: “Cabe destacar que, (...), el FAS Teórico no es un precio que se dé exactamente en la vida real, sino que es una buena aproximación de lo que debería ser el precio del mercado disponible local.” (pág 48).

Es una estimación teórica utilizada para ver en términos aproximados el grado de competitividad y transparencia del sector. (Bini et al., 2000).

Al FAS Teórico se lo debe comparar con el precio de mercado para saber si el exportador trabaja con margen de ganancia o con contramargen (pérdida). Es decir, si:

$$\text{Precio de mercado} > \text{FAS Teórico}$$

La compañía está trabajando con margen de pérdida o contramargen. De lo contrario, si:

$$\text{Precio de mercado} < \text{FAS Teórico}$$

El exportador ha logrado un margen de ganancia positivo. En general, se logran márgenes de ganancia positivos cuando ingresa la cosecha y baja el precio de mercado, por el incremento de la oferta y las necesidades logísticas. Por otro lado, fuera de cosecha, cuando la mercadería escasea, el precio de mercado se incrementa y las compañías exportadoras operan, en general, con un pequeño contramargen.

#### **2.1.2.5. Estructura de costos productivos. Evolución 2004-2020**

A continuación, a partir de datos suministrados por la Revista Márgenes Agropecuarios (2020), se observará la evolución de los principales costos en la producción de soja, maíz y trigo, para productores con campo propio en la zona núcleo del país, con una distancia a puerto aproximada de 200 km. Los mismos se expresan en USD/ha.

Para el caso del trigo y la soja, el costo de cosecha y el de comercialización están estimados en base a un rinde promedio de 35 qq/ha<sup>13</sup>, y para el maíz se suponen rendimientos promedio de 80 qq/ha.

Los impuestos tenidos en cuenta son el impuesto inmobiliario, la tasa vial y bienes personales. Los gastos de estructura se calcularon para escala de 1000 ha. No se tiene en cuenta el impuesto a las ganancias.

---

<sup>12</sup> Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Alimentaria.

<sup>13</sup> Quintales por hectárea.

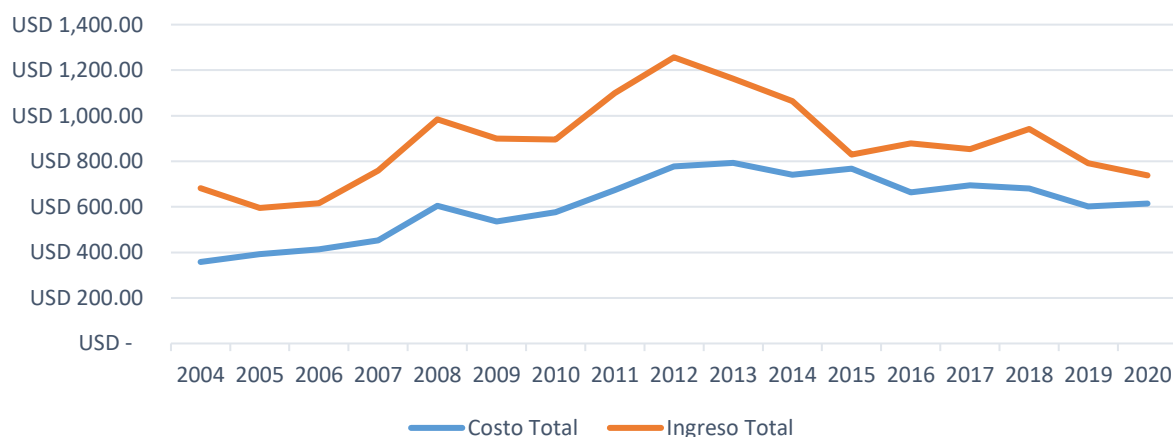


*Estructura de costos productivos. El caso de la soja.*  
(Evolución 2004-2020)

|      | Labranzas y<br>pulverización | Semillas  | Agroquímicos | Fertilizantes | Cosecha   | Gs. De<br>Comercialización | Gastos de<br>Estrucutra | Imp. Fijos | Costo Total |
|------|------------------------------|-----------|--------------|---------------|-----------|----------------------------|-------------------------|------------|-------------|
| 2004 | USD 46,00                    | USD 38,00 | USD 51,00    | USD 14,00     | USD 42,00 | USD 82,00                  | USD 48,00               | USD 37,00  | USD 358,00  |
| 2005 | USD 47,00                    | USD 36,00 | USD 64,00    | USD 15,00     | USD 45,00 | USD 86,00                  | USD 52,00               | USD 47,00  | USD 392,00  |
| 2006 | USD 47,00                    | USD 35,00 | USD 58,00    | USD 15,00     | USD 48,00 | USD 87,00                  | USD 61,00               | USD 62,00  | USD 413,00  |
| 2007 | USD 49,00                    | USD 37,00 | USD 57,00    | USD 22,00     | USD 52,00 | USD 110,00                 | USD 65,00               | USD 61,00  | USD 453,00  |
| 2008 | USD 63,00                    | USD 45,00 | USD 82,00    | USD 47,00     | USD 59,00 | USD 143,00                 | USD 103,00              | USD 63,00  | USD 605,00  |
| 2009 | USD 73,00                    | USD 42,00 | USD 60,00    | USD 26,00     | USD 52,00 | USD 123,00                 | USD 107,00              | USD 53,00  | USD 536,00  |
| 2010 | USD 86,00                    | USD 44,00 | USD 51,00    | USD 25,00     | USD 55,00 | USD 144,00                 | USD 106,00              | USD 65,00  | USD 576,00  |
| 2011 | USD 98,00                    | USD 48,00 | USD 57,00    | USD 32,00     | USD 66,00 | USD 178,00                 | USD 119,00              | USD 76,00  | USD 674,00  |
| 2012 | USD 99,00                    | USD 49,00 | USD 66,00    | USD 30,00     | USD 70,00 | USD 221,00                 | USD 141,00              | USD 101,00 | USD 777,00  |
| 2013 | USD 104,00                   | USD 49,00 | USD 71,00    | USD 27,00     | USD 67,00 | USD 207,00                 | USD 153,00              | USD 115,00 | USD 793,00  |
| 2014 | USD 99,00                    | USD 49,00 | USD 72,00    | USD 26,00     | USD 63,00 | USD 207,00                 | USD 139,00              | USD 86,00  | USD 741,00  |
| 2015 | USD 100,00                   | USD 49,00 | USD 68,00    | USD 26,00     | USD 61,00 | USD 206,00                 | USD 158,00              | USD 99,00  | USD 767,00  |
| 2016 | USD 79,00                    | USD 49,00 | USD 58,00    | USD 22,00     | USD 66,00 | USD 180,00                 | USD 129,00              | USD 81,00  | USD 664,00  |
| 2017 | USD 85,00                    | USD 49,00 | USD 57,00    | USD 20,00     | USD 66,00 | USD 195,00                 | USD 136,00              | USD 86,00  | USD 694,00  |
| 2018 | USD 73,00                    | USD 49,00 | USD 78,00    | USD 23,00     | USD 66,00 | USD 180,00                 | USD 124,00              | USD 87,00  | USD 680,00  |
| 2019 | USD 67,00                    | USD 49,00 | USD 74,00    | USD 21,00     | USD 61,00 | USD 153,00                 | USD 109,00              | USD 68,00  | USD 602,00  |
| 2020 | USD 70,00                    | USD 49,00 | USD 73,00    | USD 20,00     | USD 74,00 | USD 167,00                 | USD 105,00              | USD 56,00  | USD 614,00  |

Fuente: Revista Márgenes Agropecuarios (2020).

*Márgenes de soja por ha (2004-2020)*



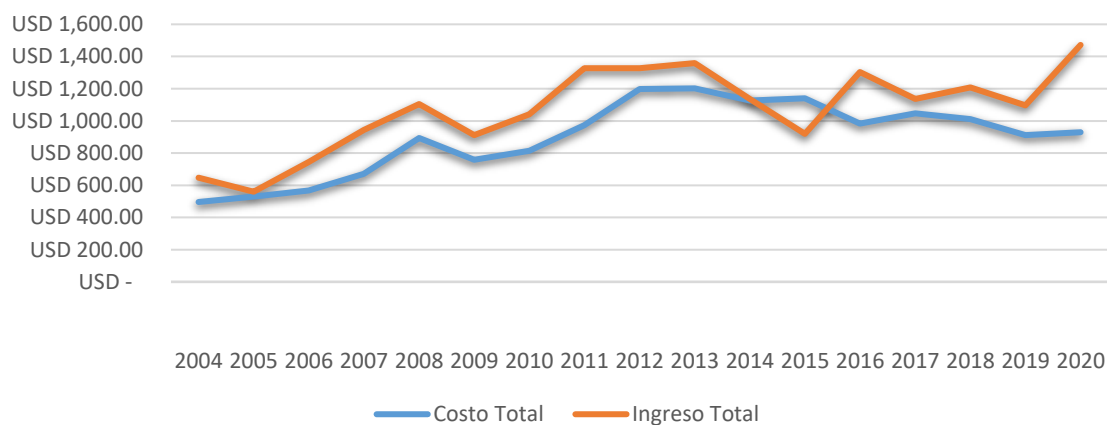
Fuente: Revista Márgenes Agropecuarios (2020).

*Estructura de costos productivos. El caso del maíz.*  
(Evolución 2004-2020)

|      | Labranzas y<br>pulverización | Semillas   | Agroquímicos | Fertilizantes | Cosecha   | Gs. De<br>Comercialización | Gastos de<br>Estructura | Imp. Fijos | Costo Total  |
|------|------------------------------|------------|--------------|---------------|-----------|----------------------------|-------------------------|------------|--------------|
| 2004 | USD 27,00                    | USD 68,00  | USD 29,00    | USD 82,00     | USD 47,00 | USD 158,00                 | USD 48,00               | USD 37,00  | USD 496,00   |
| 2005 | USD 28,00                    | USD 70,00  | USD 26,00    | USD 94,00     | USD 46,00 | USD 167,00                 | USD 52,00               | USD 47,00  | USD 530,00   |
| 2006 | USD 28,00                    | USD 72,00  | USD 26,00    | USD 91,00     | USD 57,00 | USD 170,00                 | USD 61,00               | USD 62,00  | USD 567,00   |
| 2007 | USD 31,00                    | USD 80,00  | USD 39,00    | USD 112,00    | USD 65,00 | USD 218,00                 | USD 65,00               | USD 61,00  | USD 671,00   |
| 2008 | USD 40,00                    | USD 90,00  | USD 41,00    | USD 203,00    | USD 69,00 | USD 285,00                 | USD 103,00              | USD 63,00  | USD 894,00   |
| 2009 | USD 43,00                    | USD 74,00  | USD 30,00    | USD 133,00    | USD 74,00 | USD 245,00                 | USD 107,00              | USD 53,00  | USD 759,00   |
| 2010 | USD 50,00                    | USD 72,00  | USD 29,00    | USD 131,00    | USD 77,00 | USD 284,00                 | USD 106,00              | USD 65,00  | USD 814,00   |
| 2011 | USD 59,00                    | USD 83,00  | USD 30,00    | USD 170,00    | USD 88,00 | USD 349,00                 | USD 119,00              | USD 76,00  | USD 974,00   |
| 2012 | USD 68,00                    | USD 137,00 | USD 48,00    | USD 171,00    | USD 94,00 | USD 438,00                 | USD 141,00              | USD 101,00 | USD 1.198,00 |
| 2013 | USD 72,00                    | USD 154,00 | USD 56,00    | USD 153,00    | USD 91,00 | USD 408,00                 | USD 153,00              | USD 115,00 | USD 1.202,00 |
| 2014 | USD 68,00                    | USD 149,00 | USD 57,00    | USD 146,00    | USD 77,00 | USD 404,00                 | USD 139,00              | USD 86,00  | USD 1.126,00 |
| 2015 | USD 71,00                    | USD 129,00 | USD 58,00    | USD 138,00    | USD 71,00 | USD 417,00                 | USD 158,00              | USD 99,00  | USD 1.141,00 |
| 2016 | USD 58,00                    | USD 119,00 | USD 49,00    | USD 107,00    | USD 82,00 | USD 359,00                 | USD 129,00              | USD 81,00  | USD 984,00   |
| 2017 | USD 62,00                    | USD 126,00 | USD 47,00    | USD 109,00    | USD 86,00 | USD 394,00                 | USD 136,00              | USD 86,00  | USD 1.046,00 |
| 2018 | USD 54,00                    | USD 126,00 | USD 56,00    | USD 122,00    | USD 85,00 | USD 358,00                 | USD 124,00              | USD 87,00  | USD 1.012,00 |
| 2019 | USD 49,00                    | USD 126,00 | USD 65,00    | USD 115,00    | USD 73,00 | USD 307,00                 | USD 109,00              | USD 68,00  | USD 912,00   |
| 2020 | USD 51,00                    | USD 126,00 | USD 63,00    | USD 111,00    | USD 87,00 | USD 330,00                 | USD 105,00              | USD 56,00  | USD 929,00   |

Fuente: Revista Márgenes Agropecuarios (2020).

*Márgenes de maíz por ha (2004-2020)*



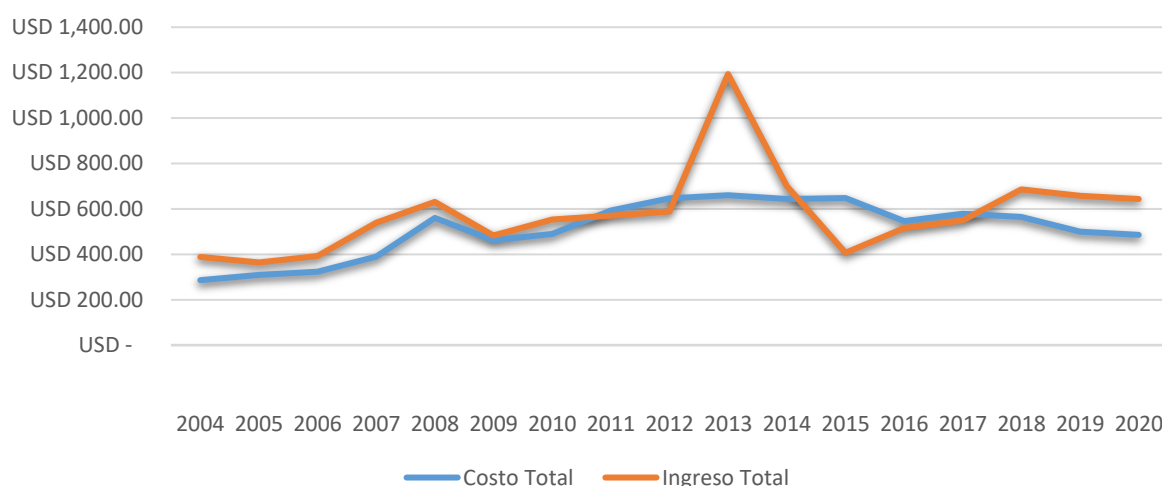
Fuente: Revista Márgenes Agropecuarios (2020).

### *Estructura de costos productivos. El caso del trigo. (Evolución 2004-2020)*

|      | Labranzas y pulverización |        | Semillas  | Agroquímicos | Fertilizantes | Cosecha   | Gastos de Estructura |           | Impuestos  | Gs. De Comercialización |            | Costo Total |
|------|---------------------------|--------|-----------|--------------|---------------|-----------|----------------------|-----------|------------|-------------------------|------------|-------------|
| 2004 | USD                       | 50,00  | USD 21,00 | USD 4,00     | USD 81,00     | USD 26,00 | USD 30,00            | USD 17,00 | USD 57,00  |                         | USD 286,00 |             |
| 2005 | USD                       | 51,00  | USD 21,00 | USD 4,00     | USD 92,00     | USD 28,00 | USD 32,00            | USD 20,00 | USD 61,00  |                         | USD 309,00 |             |
| 2006 | USD                       | 52,00  | USD 22,00 | USD 4,00     | USD 90,00     | USD 31,00 | USD 36,00            | USD 27,00 | USD 62,00  |                         | USD 324,00 |             |
| 2007 | USD                       | 57,00  | USD 28,00 | USD 5,00     | USD 113,00    | USD 39,00 | USD 38,00            | USD 27,00 | USD 82,00  |                         | USD 389,00 |             |
| 2008 | USD                       | 74,00  | USD 45,00 | USD 4,00     | USD 211,00    | USD 32,00 | USD 56,00            | USD 30,00 | USD 108,00 |                         | USD 560,00 |             |
| 2009 | USD                       | 80,00  | USD 38,00 | USD 4,00     | USD 135,00    | USD 33,00 | USD 56,00            | USD 25,00 | USD 90,00  |                         | USD 461,00 |             |
| 2010 | USD                       | 93,00  | USD 36,00 | USD 4,00     | USD 132,00    | USD 35,00 | USD 101,00           | USD 59,00 | USD 30,00  |                         | USD 490,00 |             |
| 2011 | USD                       | 106,00 | USD 42,00 | USD 8,00     | USD 172,00    | USD 43,00 | USD 66,00            | USD 36,00 | USD 120,00 |                         | USD 593,00 |             |
| 2012 | USD                       | 74,00  | USD 43,00 | USD 39,00    | USD 176,00    | USD 50,00 | USD 80,00            | USD 52,00 | USD 132,00 |                         | USD 646,00 |             |
| 2013 | USD                       | 79,00  | USD 56,00 | USD 40,00    | USD 158,00    | USD 54,00 | USD 85,00            | USD 59,00 | USD 129,00 |                         | USD 660,00 |             |
| 2014 | USD                       | 75,00  | USD 63,00 | USD 41,00    | USD 151,00    | USD 58,00 | USD 79,00            | USD 51,00 | USD 125,00 |                         | USD 643,00 |             |
| 2015 | USD                       | 77,00  | USD 55,00 | USD 43,00    | USD 143,00    | USD 55,00 | USD 86,00            | USD 54,00 | USD 134,00 |                         | USD 647,00 |             |
| 2016 | USD                       | 63,00  | USD 52,00 | USD 38,00    | USD 113,00    | USD 52,00 | USD 71,00            | USD 42,00 | USD 115,00 |                         | USD 546,00 |             |
| 2017 | USD                       | 67,00  | USD 55,00 | USD 36,00    | USD 113,00    | USD 57,00 | USD 81,00            | USD 41,00 | USD 129,00 |                         | USD 579,00 |             |
| 2018 | USD                       | 58,00  | USD 55,00 | USD 36,00    | USD 127,00    | USD 58,00 | USD 68,00            | USD 43,00 | USD 119,00 |                         | USD 564,00 |             |
| 2019 | USD                       | 53,00  | USD 55,00 | USD 31,00    | USD 120,00    | USD 50,00 | USD 53,00            | USD 37,00 | USD 101,00 |                         | USD 500,00 |             |
| 2020 | USD                       | 55,00  | USD 55,00 | USD 30,00    | USD 109,00    | USD 50,00 | USD 52,00            | USD 38,00 | USD 96,00  |                         | USD 485,00 |             |

*Fuente:* Revista Márgenes Agropecuarios (2020).

### *Márgenes de trigo por ha (2004-2020)*



*Fuente:* Revista Márgenes Agropecuarios (2020).

#### **2.1.2.6. Comportamiento del productor agropecuario argentino**

Como punto de partida, se debe tener en cuenta que, como todo empresario, el productor agropecuario tiene como objetivo principal obtener márgenes de ganancia apropiados y de ello, o de la estimación que él realice de los beneficios, va a depender la cantidad a producir. (Miliozzi, 2011).

Particularmente, en el mercado granario existe una gran incertidumbre y desconocimiento de los parámetros y situaciones que pueden presentarse desde la siembra hasta la cosecha del grano.

Miliozzi (2011) define algunos tipos de incertidumbre que afronta el productor agropecuario:

- ***Incertidumbre técnica:*** surge de la variabilidad de los retornos por unidad de producción, derivada de diversos factores climáticos.
- ***Incertidumbre económica:*** causada principalmente por la volatilidad en los precios de los *commodities* implantada por momentos de siembra y escasez de producción, y momentos de cosecha, en los que hay abundancia de bienes.
- ***Incertidumbre institucional y política:*** esta depende de la inestabilidad de los procesos políticos y del conjunto de normas que rigen a una sociedad.

Este mapa de incertidumbre imprime en el productor la necesidad de minimizar riesgos derivados de su actividad y lo lleva a buscar alternativas de cobertura que le permitan lograr a futuro un cierto margen de beneficios, con cierto nivel de seguridad.

#### **2.1.2.7. Tipología de productores agropecuarios**

Se puede decir que existen dos grandes categorías de productores. Por un lado, están los productores propietarios y por otro los productores arrendatarios. Los primeros son aquellos que trabajan su propia tierra mientras que los segundos se encargan de producir en tierras ajenas y arrendadas a un determinado valor. (Bini et al., 2000).

A su vez dentro de la categoría de productores propietarios existen dos esquemas que actúan bajo una óptica diferenciada. Allí aparece, en primer lugar, el productor clásico capitalizado que trabaja directamente sobre su tierra, y el propietario rentista que, en esencia, la alquila o arrienda. (Bini et al., 2000).

Por último, se puede agregar una tercera categoría, que es una combinación de las primeras. Es el productor contratista que no sólo es propietario del campo sino que además arrienda otras tierras para producir en ellas. Este tipo de productores tiene un nivel más avanzado de tecnología y maquinaria, recursos humanos y capacidad administrativa que el productor propietario tradicional. (Bini et al., 2000).

#### **2.1.2.8. Pools de productores**

Los denominados *pools* de productores son sociedades de productores que tienen diversos objetivos, pero que el lema común se traduce en lograr mejores condiciones y poder a partir de la asociación. Existen tres tipos elementales de *pools* de productores. Aquellos *pools* establecidos para conseguir mejores precios en los insumos (*pools* de compra), aquellos constituidos para ganar un mejor precio de venta (*pools* de venta), y por último aquellos que se instrumentan para participar en todo el proceso productivo (*pools* de siembra). (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017a).

#### **2.1.2.9. Modalidades de negocios tradicionales**

Existen distintos tipos de contratos que se celebran en el mercado de granos físicos en Argentina (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017a):

- ***Compraventa con pago contra entrega actual:*** es un tipo de negocio por medio del cual el productor vende sus granos en el mercado *spot* y recibe el pago contra la entrega de los mismos.
- ***Compraventa con pago contra entrega forward:*** aquí, tanto el pago como la entrega de mercadería se dan en el futuro. La Bolsa de Comercio de Rosario

(2017a) explica: “Este tipo de operaciones son una gran herramienta de arbitraje para aquellos vendedores que no utilizan los mercados de futuros institucionales como mecanismo de cobertura del riesgo precio, dado que en cosecha los precios de los productos agrícolas son inferiores por la presión que ejerce la oferta del grano recolectado.” (pág. 97).

- **Compraventa con Precio a Fijar (PAF):** es un tipo de negocio en el que se entregan los granos pero el precio se define con posterioridad. Esto se da principalmente porque el comprador necesita mercadería y el vendedor no desea vender al precio de mercado actual. La Bolsa de Comercio de Rosario (2017a) agrega: “En estas transacciones, el acopio o cooperativa entrega al industrial o al exportador la mercadería. En ese momento se determina su calidad y cantidad. Pero el precio queda pendiente de determinación para un momento posterior a opción del vendedor, dentro del plazo estipulado por el contrato para dicha fijación” (pág. 98).
- **Compraventa con pago anticipado y entrega futura:** esta modalidad de contratación se da cuando el comprador necesita comprar mercadería para una determinada fecha y el vendedor necesita financiamiento adelantado.

## 2.2. Administración del riesgo agrícola y contratos derivados. *Risk Management*

Miliozzi (2011) define “La administración del riesgo (“*Risk Management*”) es un proceso estratégico y táctico de evaluación y gerenciamiento de las fuentes de incertidumbre a las cuales se encuentra expuesta la firma” (pág. 97).

Una empresa agropecuaria es una unidad económica que mediante la administración de recursos escasos necesita lograr determinados objetivos financieros. La misma opera bajo un esquema riesgoso (exposición al riesgo) determinado principalmente por elementos exógenos que de alguna manera deben ser administrados. Como ya se dijo, uno de los principales problemas que enfrenta es la volatilidad de los precios generada por múltiples factores (climáticos, estacionales, especulativos etc.). El objetivo primordial es tratar de cuantificar el riesgo y tomar decisiones a partir de allí.

Al hablar de volatilidad no se habla de modificaciones en el promedio ( $\mu$ ) de los precios sino a la dispersión de los valores alrededor del mismo. Esto es lo que se conoce en estadística como desvío estándar ( $\sigma$ ) y es una medida de riesgo que se utilizará en adelante. (Levin y Rubin, 1996).

Sea  $\mu$  el valor esperado de una variable aleatoria  $x$ :

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i p(x_i)$$

La esperanza ( $\mu$ ) es el promedio ponderado de las observaciones o resultados  $x_i$  por su probabilidad de ocurrencia correspondiente  $p(x_i)$ . Así:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n [x_i - \mu] p(x_i)}$$

El desvío estándar ( $\sigma$ ) mide el grado de dispersión de la variable aleatoria con respecto al valor esperado o media. (Levin y Rubin, 1996).

A continuación se observa el comportamiento de los precios FAS de trigo para las últimas cinco campañas. Durante este período el precio mostró un promedio de  $\mu = \text{US\$}179,43/\text{tn}$  y un desvío estándar del  $\sigma = \text{US\$} 26,54/\text{tn}$ , lo que refleja una volatilidad del 14,79%.

#### *Estadística descriptiva.*

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Media                  | 179,429087 |
| Error típico           | 0,75458506 |
| Mediana                | 175,906183 |
| Moda                   | 200        |
| Desviación estándar    | 26,5395193 |
| Varianza de la muestra | 704,346085 |

#### *Precio FAS Trigo (2015-2020)*



*Fuente:* Cámara Arbitral de Cereales de la Bolsa de Comercio de Rosario.

Rossi (2013) afirma: “La volatilidad es muy sensible a la corriente de datos que impacta en la formación de precios. Esto significa que la misma dependerá de la velocidad de arribo de nueva información relevante sobre las fuerzas de oferta y demanda, que conjuntamente determinan el punto de equilibrio del mercado. Si se producen cambios positivos o negativos en las cotizaciones, la volatilidad aumentará o disminuirá dependiendo de la magnitud de aquellas variaciones respecto del promedio” (pág. 61).

Aquí juega un papel importante la transmisión de información derivada principalmente de los informes de oferta y demanda del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA<sup>14</sup>). Este instituto muestra de manera periódica información histórica y

<sup>14</sup> *United States Department of Agriculture*

proyecciones sobre los balances de oferta y demanda de los diversos productos. Realiza estimaciones de producción, stocks y consumo por países, y a nivel global.

Los operadores locales y extranjeros esperan esta información para tomar decisiones, y generan ajustes en los precios de acuerdo a lo que ellos esperaban y lo que efectivamente publica el informe. Es crucial aquí la manera en la que el mercado descuenta o no los datos publicados. A mayor diferencia entre las expectativas del mercado y los valores reales, mayor es la variabilidad en los precios.

Teniendo en cuenta esto, el productor debe tener pautas mínimas de cobertura y elementos que le permitan asegurar cierta parte de los rendimientos para poder seguir en el negocio y minimizar en lo posible el riesgo derivado de la volatilidad en los precios de los productos agrícolas.

Según Miliozzi (2011) hay algunos principios y objetivos básicos en el proceso de *Risk Management*:

- Llevar a cabo negocios con cobertura.
- Reducir la volatilidad en el *cash flow*<sup>15</sup> de la firma.
- Maximización del valor de la firma.

Los contratos derivados son instrumentos que permiten lograr estos objetivos y que se estudiarán a continuación.

### **2.3. Antecedentes históricos de los contratos derivados**

Los mercados de futuros surgieron, de acuerdo a Hull (2009), en la Edad Media como mecanismo de cobertura para los productores agropecuarios y comerciantes que tenían la necesidad de aislarse del riesgo derivado de los vaivenes en los precios de los productos que vendían. Estos mercados les permitían posponer la venta de sus mercancías a períodos de escasez para poder obtener precios y márgenes de ganancias más beneficiosos.

Por otro lado, como contracara a la parte vendedora, el comprador también estaba sujeto al riesgo precio, y si por ejemplo, una industria que usaba cereales como insumos para producir algún producto final, sufría un fuerte incremento de precios, implicaba de manera consiguiente un aumento de costos, que afectaba de manera negativa a su margen de ganancias. Es por esto, que el industrial acudía al mercado de futuros para precisar un determinado precio de compra y así poder aislarse del riesgo de la variabilidad de los precios y de sus respectivos costos. (Hull, 2009).

Particularmente, entre los siglos XII y XV, se formó un centro financiero de gran envergadura en Europa ubicado en la ciudad de Brujas<sup>16</sup>. Allí se negoció un gran volumen de contratos sobre productos primarios y surgieron algunos antecedentes de utilización de derivados financieros. (Fisanotti, 2014).

---

<sup>15</sup> Flujo de fondos.

<sup>16</sup> Ciudad Belga donde nace el vocablo “Bolsa” para referir a los centros de comercio concentrados.

A partir del siglo XV, finalizó el apogeo de Brujas como centro de comercio principal y se trasladó a Amberes<sup>17</sup>, surgiendo allí un importante mercado bursátil que propició el desarrollo, entre otros instrumentos, de diversos contratos especulativos de *commodities* que aún no habían sido embarcados. (Fisanotti, 2014).

Fisanotti (2014) explica: “El mercado de concentración de Amberes facilitaba la negociación de distintas mercancías (*commodities*) y la realización de operaciones cambiarias. Estas últimas alcanzaron un grado de sofisticación significativo (...) y se pactaban contratos de características similares a los *swaps* modernos” (p. 12).

En esta ciudad también los operadores comerciales comenzaron a liquidar por primera vez las operaciones por diferencias sin proceder a la entrega física de los productos que se negociaban (Fisanotti, 2014). Es decir, a la fecha de vencimiento del contrato, la parte que resultó perdedora debía entregarle la diferencia de precios entre el contrato a plazo y el precio al contado del producto, a la parte ganadora.

El declive de Amberes como centro comercial y financiero europeo fue a partir de 1576. Luego, Ámsterdam comenzó a ser el centro de negociación de *commodities* y algunos productos financieros. Hacia 1650, dicha ciudad superó a Amberes, pero en la segunda mitad del siglo XVII sufrió las consecuencias de las guerras y un brote de peste que diezmó su población. En los años siguientes, el comercio internacional encontró su lugar en Inglaterra, más específicamente en Londres, donde prosiguieron las prácticas holandesas en el desarrollo de contratos derivados. (Fisanotti, 2014).

Entre los siglos XVII y XVIII se ralentizó el desarrollo de los contratos derivados dadas las diversas reglamentaciones que las autoridades comenzaron a imponer por la volatilidad implantada por la negociación de los mismos. En la década de 1630 ocurrió la explosión de la burbuja de precios de los tulipanes en Holanda, lo que generó grandes pérdidas para los participantes, e incluso se dieron muchos incumplimientos contractuales. En 1719 se suma la crisis de la *South Sea Company* en Inglaterra y en 1720 la de *Compagnie des Indes* en Francia. Como consecuencia de esto, en 1733 la negociación de opciones en Inglaterra fue prohibida por la *Ley Bernard*. (Fisanotti, 2014).

Miliozzi (2011) afirma que en 1697, en Japón, se registró el primer contrato a plazo de arroz.

Los contratos derivados más similares a los que hoy conocemos aparecieron en Japón en el *Dojima Rice Exchange* en 1730. Estos se negociaban con una contraparte central que realizaba el *clearing*<sup>18</sup> de las operaciones y administraba las diferencias diarias, y además se llevaban a cabo mediante la instrumentación de contratos estandarizados. (Fisanotti, 2014).

---

<sup>17</sup> Ciudad Belga que se transformó en un gran centro de comercialización de productos primarios y financieros a partir del siglo XV.

<sup>18</sup> Compensación de las operaciones.



### 2.3.1. Formación de los mercados de derivados en Estados Unidos

El nacimiento de estos contratos en este país se da en Chicago, cuando algunos empresarios estadounidenses decidieron conformar el *Chicago Board of Trade* (CBOT) en el año 1848. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

Antes de la creación de esta institución, los negocios se realizaban de manera *spot*<sup>19</sup>, donde los productores iban con sus productos a Chicago y buscaban compradores en los períodos de cosecha. Allí era habitual ver cómo los productores desechaban sus granos cuando no encontraban demanda para sus bienes. Así, comenzaron a realizarse operaciones a plazo para asegurar oferta y demanda a un plazo determinado, pero los incumplimientos eran muy grandes. Es por eso que se decidió crear una institución que diera un marco de confianza a las operaciones (CBOT). Allí, se centralizaron los negocios y se generó un ámbito de confianza dado principalmente por el castigo a los operadores que no honrasen sus obligaciones contractuales. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En 1865, se listaron los contratos de futuros, los cuales pasaron a ser contratos estandarizados. Lo único que se negociaba era el precio, las demás condiciones contractuales estaban determinadas (tonelaje, fecha de entrega, pago y calidad etc.). (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

Según Fisanotti (2014): “Este proceso de institucionalización del mercado no es espontáneo sino que tuvo lugar como respuesta al creciente interés especulativo que concentraban los “*time contracts*”<sup>20</sup> operados sobre *commodities* agrícolas y la necesidad de limitar maniobras y abusos por parte de los operadores (especialmente aquellos no vinculados con la negociación física de granos).” (pág. 16).

El otro gran mercado de Chicago fue el *Chicago Mercantile Exchange* (CME), surgido en 1874 y donde se negociaban productos como el huevo, la manteca y el ave, entre otros. En 1972, con el acuerdo de *Bretton Woods* y el fin de los tipos de cambio fijos, el CME incorporó los primeros contratos de futuros sobre divisas, con el *International Monetary Market* (IMM). (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En 1982, el CME incorporó el mercado de futuros de Eurodólares, que son contratos sobre el valor futuro de una tasa de interés de corto plazo. (Hull, 2009). Además, dio inicio a la operatoria sobre “índices”, los cuales liquidaban diferencias, sin la necesaria entrega de los productos. Esto permitió añadir varios valores y bienes al mercado, que hasta ese momento no cotizaban (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En el año 2007, ambos mercados, el CME y CBOT, se fusionaron conformando uno de los mercados de derivados más importantes a nivel mundial, el *CME group*. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

---

<sup>19</sup> Negocios con entrega física e inmediata.

<sup>20</sup> Contratos a plazo (*forwards*)

En 2008, el CME *group* adquirió al *New York Mercantile Exchange* (NYMEX) donde se negocian futuros de recursos energéticos (petróleo, gas natural etc.). (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

A continuación se detalla el volumen total (en contratos) de derivados negociados en los dos últimos años por sector a nivel global, y el puesto que ocupan los derivados agrícolas en el mismo:

### *Ranking Mundial de Derivados por Sector (en contratos)*

| Categoría            | Vol.2020              | Vol.2019              | Var.          | Participación  |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|----------------|
| Indices Accionarios  | 18.609.021.646        | 12.460.888.338        | 49,30%        | 39,79%         |
| Acciones             | 9.897.318.982         | 6.099.212.729         | 62,30%        | 21,16%         |
| Divisas              | 4.523.688.389         | 3.938.596.707         | 14,90%        | 9,67%          |
| Indices de Interés   | 4.151.838.110         | 4.771.985.821         | -13,00%       | 8,88%          |
| Energía              | 3.152.479.136         | 2.542.348.018         | 24,00%        | 6,74%          |
| <b>Agricultura</b>   | <b>2.569.466.044</b>  | <b>1.767.719.357</b>  | <b>45,40%</b> | <b>5,49%</b>   |
| Otros                | 1.447.264.077         | 889.168.670           | 62,80%        | 3,09%          |
| Metales no Preciosos | 1.433.275.953         | 1.439.730.644         | -0,40%        | 3,06%          |
| Metales Preciosos    | 983.139.556           | 582.292.397           | 68,80%        | 2,10%          |
| <b>Total</b>         | <b>46.767.491.893</b> | <b>34.491.942.681</b> | <b>35,60%</b> | <b>100,00%</b> |

Fuente : Futures Industry Association

### **2.3.2. Mercado de derivados en Argentina**

En Argentina, históricamente existieron dos mercados de futuros que surgieron en las primeras décadas del siglo XX, el *Rosario Futures Exchange* (ROFEX) y el Mercado a Término de Buenos Aires (MATBA). En estos comienzos, la operatoria de maíz y lino en ROFEX era tomada como referencia mundial, siendo de gran relevancia para la formación de precios internacionales. De allí surge, en la jerga de los mercados, el nombre de la “*Chicago Argentina*” haciendo referencia a la ciudad de Rosario. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En 1907 surgió el primer antecedente del Mercado a Término de Buenos Aires S.A y fue la “Asociación de Cereales de Buenos Aires” donde cotizaban productos como el lino, el trigo y el maíz, en contratos de 100 toneladas. En noviembre de 1909, la Sociedad cambió su denominación a “Mercado de Cereales a Término de Buenos Aires S.A”. En la década del 20’ operaba un volumen total de 15 millones de toneladas y el producto más negociado era el lino. En el año 1991 obtiene su actual denominación. (Miliozzi, 2011).

El ROFEX fue creado el 19 de noviembre 1909, pero con su original nombre de “Mercado General de Productos Nacionales del Rosario de Santa Fe S.A”. Luego de algunos vaivenes y períodos de inestabilidad signados por las Guerras Mundiales y por intervenciones estatales en los años 40’, este mercado ha logrado sobreponerse y en 1978 cambia su denominación a Mercado a Término de Rosario S.A. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En 1993 el ROFEX incorporó el Índice de Soja Rosafe (ISR) que permitió negociar futuros de soja sin entrega física y con liquidación de diferencias. Al año siguiente se incluyó la negociación electrónica de futuros y en 1999 se creó la casa compensadora, que hizo de contraparte central en las operaciones de futuros, *Argentina Clearing House S.A.*, y que actualmente se denomina *Argentina Clearing S.A.* (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En 2001, ROFEX incluyó en sus haberes la negociación de futuros de dólar en la División de Derivados Financieros (DDF) para brindar cobertura en el tipo de cambio a los inversores que tienen en sus ingresos o costos, participaciones en moneda extranjera. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En agosto de 2019, se estableció la fusión entre el Mercado a Término de Buenos Aires (MATBA) y el *Rosario Futures Exchange* (ROFEX) surgiendo el MATBA-ROFEX, y actualmente es el único mercado de futuros agrícolas y financieros de Argentina.

Se observa a continuación el ranking mundial de mercados derivados y la posición de MATBA-ROFEX en el mismo:

#### *Ranking Mundial de Mercados Derivados (en contratos)*

| Puesto    | Mercado                          | Vol. 2020          | Vol. 2019          | Var.           |
|-----------|----------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| 1         | National Stock Exchange of India | 8.850.473.823      | 5.977.219.777      | 57,27%         |
| 2         | B3                               | 6.307.562.139      | 3.880.624.283      | 62,54%         |
| 3         | CME Group                        | 4.820.589.858      | 4.830.045.369      | -0,20%         |
| 4         | Intercontinental Exchange        | 2.788.944.012      | 2.256.762.531      | 23,58%         |
| 5         | Nasdaq                           | 2.660.595.514      | 1.785.341.204      | 49,02%         |
| 6         | CBOE Holdings                    | 2.614.108.017      | 1.912.084.008      | 36,72%         |
| 7         | Dalian Commodity Exchange        | 2.207.327.866      | 1.355.584.225      | 62,83%         |
| 8         | Korea Exchange                   | 2.184.930.969      | 1.546.717.194      | 41,26%         |
| 9         | Shanghai Futures Exchange        | 2.128.613.700      | 1.447.597.054      | 47,04%         |
| 10        | Moscow Exchange                  | 2.119.939.033      | 1.455.043.932      | 45,70%         |
| ...       | ...                              | ...                | ...                | ...            |
| <b>26</b> | <b>Matba-Rofex</b>               | <b>117.485.220</b> | <b>210.135.523</b> | <b>-44,09%</b> |
| 27        | China Financial Futures Exchange | 115.281.396        | 66.410.382         | 73,59%         |
| 28        | Tokyo Financial Exchange         | 49.688.268         | 33.457.924         | 48,51%         |
| 29        | Tel-Aviv Stock Exchange          | 42.406.411         | 35.560.572         | 19,25%         |
| 30        | MEFF                             | 40.476.929         | 44.920.848         | -9,89%         |

Fuente : Futures Industry Association

## **2.4. Elementos conceptuales**

### **2.4.1. Contratos derivados**

La Bolsa de Comercio de Rosario (2017b) define a los contratos de derivados como: “(...) aquel acuerdo de intercambio entre dos o más partes cuyo valor se “deriva” del precio de un bien más fundamental o primitivo, conocido como activo subyacente” (pág. 15).

### 2.4.2. Activo subyacente

El activo subyacente es aquel que da valor de referencia al contrato derivado. Tiene algunas características elementales (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b):

- **Fluctuación de precios:** esta característica pone en valor el uso de contratos derivados dados los objetivos de cobertura. Si los precios fuesen invariables no habría necesidad de cubrir posiciones.
- **Liquidez:** refiere a la posibilidad de que el activo pueda ser convertido en dinero de manera inmediata.
- **Estandarización:** el activo debe ser cuantificable y cualificable para poder estandarizar las condiciones contractuales.
- **Mercado competitivo y atomizado:** esto hace referencia a un mercado en el que no existan formadores de precios que afecten la tendencia en los mismos.

Se debe tener en cuenta que hay tres clases fundamentales de derivados según el activo que representen: los financieros, los no financieros y los exóticos. Los no financieros incluyen *commodities*, productos energéticos y metales preciosos, y no preciosos. Los financieros hacen referencia a los activos de tasa de interés, divisas y acciones. Y los exóticos son aquellos que no se pueden incluir en estas categorías, como los derivados climáticos, que funcionan como una especie de seguro contra algún evento climático. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

### 2.4.3. Tipos de derivados

A continuación se presentan los diversos tipos de derivados que se negocian habitualmente:

#### 2.4.3.1. Contratos a plazo o *forwards*

Estos contratos dan la posibilidad de comprar o vender un determinado activo en una fecha específica a un precio determinado y su ámbito de negociación son los mercados *Over The Counter*, es decir, mercados no institucionalizados extrabursátiles. Allí las condiciones contractuales se determinan de manera bilateral, y no sólo se negocia el precio, sino que también la calidad, cantidad, condiciones de pago, etc. Al no haber una contraparte central, en estos mercados se asume un riesgo de contraparte o incumplimiento. Un ejemplo de este tipo de mercados es el Mercado Físico de Granos de Rosario.

#### 2.4.3.2. Contratos de futuros

Son aquellos que permiten comprar o vender un determinado activo a un precio dado en una fecha futura específica, y se diferencia del *forward* por el hecho de que sus condiciones contractuales en cuanto cantidad, calidad y forma de pago están estandarizadas, y a su vez, se negocian en mercados institucionalizados. Además este mercado está garantizado por una casa compensadora que actúa de contraparte central en todas las operaciones y administra los márgenes de garantías y diferencias diarias.

#### 2.4.3.3. Contratos de opciones

Las opciones son instrumentos que otorgan el derecho, pero no la obligación de comprar o vender determinado activo, en una fecha determinada a un precio dado. Dado el derecho que otorga, se paga por el un precio, que se denomina “prima”.

#### 2.4.3.4. Swaps

Los *Swaps* son un intercambio simultáneo de flujos de fondos entre dos operadores, a una fecha futura. En general, una de las partes que posee un flujo variable, le transfiere su riesgo implícito al otro inversor para convertirlo en un flujo fijo, y viceversa. La Bolsa de Comercio de Rosario (2017b) define a los *Swaps*: “representan la compra y venta simultánea de activos u obligaciones subyacentes similares de valor equivalente, en la que el intercambio de flujos financieros proporciona a ambas partes de la operación condiciones más favorables de las que de otro modo podrían esperar. La diferencia respecto de los instrumentos anteriores es que su función consiste en la permuta de riesgos, es decir que cada una de las partes del contrato puede elegir cuál de los riesgos quiere asumir” (pág. 17).

En este trabajo se prestará especial atención a los contratos de futuros y opciones.

#### 2.4.4. Mercados Institucionalizados vs. Mercados *Over The Counter* (OTC)

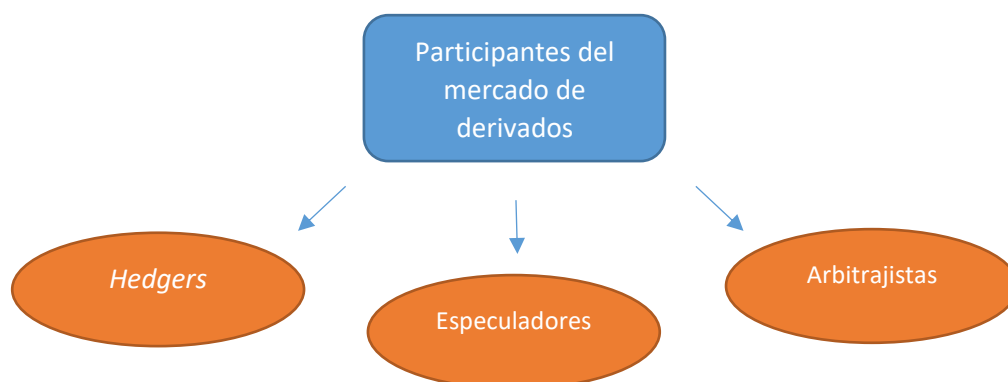
##### *Mercados Institucionalizados vs. Mercados Over The Counter*

|                                      | <b>Mercados Institucionalizados</b>                                                                                                     | <b>Mercados <i>Over The Counter</i> (OTC)</b>                                                                                                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Derivados disponibles</i></b>  | Futuros y opciones                                                                                                                      | Forwards, opciones y swaps.                                                                                                                             |
| <b><i>Elementos del contrato</i></b> | Todas las disposiciones contractuales están estandarizadas (tamaño del contrato, calidad, lugar y fecha de entrega, forma de pago etc.) | Aquí la negociación es, en esencia, bilateral, y los agentes pueden negociar los términos del contrato de manera privada, con cierto grado de libertad. |
| <b><i>Precios</i></b>                | Los precios son transparentes y de público conocimiento.                                                                                | En los mercados <i>OTC</i> los precios no necesariamente son transparentes (las negociaciones trascienden en el ámbito privado).                        |
| <b><i>Horarios</i></b>               | Los horarios en los mercados institucionalizados están bien definidos y sólo se puede negociar dentro del rango establecido.            | Aquí no hay restricciones horarias.                                                                                                                     |
| <b><i>Garantías</i></b>              | Las operaciones están garantizadas por la contraparte central.                                                                          | Existe riesgo de contraparte.                                                                                                                           |

*Fuente:* elaboración propia en base a Oro (2004, pág. 15) y La Bolsa de Comercio de Rosario (2017, pág. 19).

### 2.4.5. Coberturistas (*Hedgers*<sup>21</sup>) vs. Especuladores

Existen, en principio, tres tipos elementales de participantes en los mercados de derivados.



*Fuente:* elaboración propia.

Por un lado actúan los *hedgers*, que desean aislarse de la variabilidad de los mercados fijando una determinada variable, mientras que por otro están los especuladores que son aquellos que apuestan a una dirección en la misma, con el objetivo de obtener algún beneficio, asumiendo el riesgo de que el suceso esperado no ocurra (aquí, las apuestas son altamente apalancadas, es decir que las ganancias o pérdidas pueden ser demasiado altas en comparación al costo inicial de la apuesta). (Hull, 2009).

Se pueden sumar a estos dos participantes a los arbitrajistas, que son aquellos que se posicionan en dos o más instrumentos para obtener una ganancia libre de riesgo. (Hull, 2009).

El arbitraje es posible en aquel caso en el que un mismo producto cotice a precios diferentes en uno o más mercados, o en diferentes plazos, monedas o cantidades. (Miliozzi, 2011).

### 2.4.6. Cámara de compensación (*Clearing House*)

La Cámara Compensadora es la contraparte central<sup>22</sup> de todas las operaciones que se llevan a cabo en un mercado de futuros, garantiza las operaciones y liquida las diferencias que surgen de los contratos. (Carrasco Vanegas y Barrios Potoy, 2017).

<sup>21</sup> Término inglés utilizado en los mercados para referir a los coberturistas.

<sup>22</sup> La cámara compensadora es el comprador de todo vendedor y el vendedor de todo comprador de futuros.



Fuente: elaboración propia.

Para reducir el riesgo crédito o riesgo de incumplimiento de los contratos, todas las transacciones ejecutadas en el mercado están bajo la tutela de esta institución. La Casa Compensadora es aquella con la cual todos los que operan en el mercado tienen obligaciones.

Miliozzi (2011) explica: “Todas las operaciones que se realizan a través del mercado, se liquidan a través de una entidad liquidadora<sup>23</sup>. El comprador y el vendedor no conocen quien es la contraparte en su contrato. Al término del mismo, el comprador le pagará a la entidad liquidadora y esta a su vez le pagará al vendedor; la mercancía (o la diferencia de dinero en su caso) sigue el camino inverso. Este mecanismo da completa seguridad al mercado, ya que el comprador no tiene que preocuparse sobre la situación financiera de la otra parte, debido a que la entidad liquidadora es quien responde” (pág. 41).

Cuando se pacta un contrato se deposita un margen de garantía inicial, que es un porcentaje determinado por la volatilidad de los precios, y es utilizado como garantía de cumplimiento para cubrir las diferencias diarias que van surgiendo con los movimientos de los precios. (Díaz-Tinoco y Vanegas-Martínez, 2001).

En lo que refiere a la cancelación de operaciones, estas se llevan a cabo realizando la operación contraria a la compra o venta inicial. Es decir, si se tiene una posición comprada abierta en futuros de soja, la misma puede ser cancelada vendiendo el mismo contrato de futuro (mismo activo y fecha de vencimiento).

En lo que respecta al riesgo precio de la cámara de compensación se puede decir que es bajo, ya que toda operación de venta está perfectamente calzada o cubierta con otra operación simultánea de compra. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

En MATBA-ROFEX esta función es materializada por *Argentina Clearing S.A* (ACSA), que es una sociedad independiente a dicho mercado.

#### 2.4.6.1. Flujos que intervienen en las operaciones de futuros

- **Margen Inicial:** es un depósito de dinero en efectivo utilizado para garantizar el cumplimiento de las obligaciones contractuales. Este será reintegrado cuando se cancele la posición. Mientras más lejano es el vencimiento del futuro, mayor será el margen inicial en garantía.

<sup>23</sup> Cámara de Compensación.

- **Diferencias diarias (Mark to Market):** es en flujo diario que la cámara compensadora va administrando dependiendo de la evolución del precio y la consiguiente ganancia o pérdida que debe afrontar el inversor. Así, de manera diaria, el operador irá depositando o le será depositado un monto de dinero igual a la diferencia entre el precio de mercado y el precio al que cerró el contrato en la fecha de concertación.

## 2.5. Futuros

Como ya se definió anteriormente un contrato de futuros es aquel que permite comprar o vender un determinado activo a un precio dado en una fecha futura específica.

Estos operan en mercados institucionalizados, en donde los contratos están estandarizados<sup>24</sup>, los precios son transparentes y de público conocimiento, se negocia con una contraparte central y existe un sistema de garantías para cumplir con las obligaciones.

A diferencia del mercado *forward*, en los contratos de futuros está la posibilidad de proceder o no a la entrega de la mercadería o activo subyacente negociado. En general, se realizan negocios bajo la modalidad *cash settlement*<sup>25</sup>. Hull (2009) explica: “El lector podría sorprenderse al saber que la gran mayoría de los contratos de futuros que se inician no terminan en la entrega. La razón es que casi todos los inversionistas deciden cerrar sus posiciones antes del período de entrega especificado en el contrato. Realizar o recibir una entrega bajo los términos de un contrato de futuros es a menudo un inconveniente y, en algunos casos, bastante caro. Esto ocurre incluso en el caso de un coberturista que desea comprar o vender el activo subyacente al contrato de futuros. Generalmente, este coberturista prefiere cerrar la posición de futuros y después comprar o vender el activo en la forma usual.” (pág. 21).

Esta modalidad de negociación genera un incentivo para los especuladores que proveen liquidez al mercado, ya que no es necesaria la entrega del activo subyacente y la posición comprada o vendida puede ser cancelada con antelación. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

### 2.5.1. Funcionamiento y ejemplos de cobertura con futuros. Administración de riesgos

Muchos operadores se dirigen a los mercados de futuros con el objetivo de minimizar el riesgo derivado de los movimientos en una determinada variable, principalmente precios (de *commodities*, tasas de interés, tipos de cambio etc.).

Como ya se vio, los mercados de futuros brindan a los agentes la posibilidad de cubrirse ante las variaciones adversas en los precios.

---

<sup>24</sup> Los contratos de futuros están estandarizados en cuanto al tamaño de los contratos (cantidad del activo subyacente), calidad del activo, lugar y fecha de entrega, y forma de pago, entre otros.

<sup>25</sup> Cancelación en efectivo.



La Bolsa de comercio de Rosario (2017b) define: “Realizar una cobertura con futuros implica simplemente establecer una posición en el mercado de futuros que sustituya temporalmente una posterior compra o venta en el mercado disponible (...)” (pág. 27).

### 2.5.1.1. Modelos de cobertura de mínimo riesgo

Enderington (1979) explica que la efectividad en la cobertura de una determinada posición se puede cuantificar a partir de la comparación del riesgo (o varianza) de un portafolio  $U$  sin cobertura y el riesgo (o varianza) de un portafolio  $R^*$  cubierto. Así:

$$e = 1 - \frac{VAR(R^*)}{VAR(U)}$$

donde  $VAR(R^*)$  es la varianza mínima de un portafolio cubierto y  $VAR(U)$  es la varianza de un portafolio sin cobertura.  $e$  resulta ser la máxima reducción posible de la varianza del portafolio descubierto.

Enderington (1979), a su vez, define:

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2}$$

Donde  $COV_{SF}$  es la covarianza del mercado *spot* con el futuro y  $\sigma_F^2$  es la varianza de los precios futuros.  $\alpha$  representa el ratio óptimo de cobertura que minimiza el riesgo (o varianza) del portafolio.

Este modelo fue reexaminado y se aplicaron cambios porcentuales en los precios, en lugar de cambios absolutos, observando de este modo, los retornos. (Bengtsson, 2013). Así:

$$\beta = \frac{COV_{\%SF}}{\sigma_{\%F}^2}$$

donde  $COV_{\%SF}$  es la covarianza de los retornos *spot* y futuros, y  $\sigma_{\%F}^2$  es la varianza de los retornos futuros.  $\beta$  es la proporción de la posición de futuros sobre la posición *spot*.

Existen dos tipos elementales de coberturas de acuerdo a Hull (2009):

### 2.5.1.2. Coberturas cortas (cobertura vendedora). Ejemplo

Estas son utilizadas cuando el agente entiende riesgosa la baja en el precio de un activo y, de este modo, decide asegurarse de antemano el precio de venta futuro del mismo. Es el clásico caso de un productor agropecuario que, una vez que conoce los costos de siembra, desea fijar un precio en cosecha que determine una ganancia conocida, desprendiéndose así de la incertidumbre derivada de variaciones negativas en los precios. Hasta el momento anterior a la cobertura, se dice que el productor está *long* o comprado en maíz (se beneficia de la suba de precios y se perjudica por la baja), por lo que debe vender contratos de futuros para neutralizar su posición.

Guardado Choto (1999) explica: “La venta de futuros es utilizada por poseedores de inventarios físicos, los cuales tratan de protegerse ante posibles caídas de precios” (pág. 6).

Bengtsson (2013), por su parte, agrega: “(...) el empresario debe tomar en los mercados financieros una posición opuesta a la posición que tenga en el mercado *spot* a fines de reducir su exposición al riesgo. En otras palabras, debe vender la totalidad de su producción a futuro.” (pág. 12).

Se procederá a ejemplificar esta situación con precios reales de cierre de posiciones en futuros (MATBA-ROFEX) y *spot* (tomando como referencia la “pizarra” del mercado disponible de la Bolsa de Comercio de Rosario), y suponiendo por el momento que no existen costos de operación en el mercado de futuros. Para el momento de cancelación del contrato de futuros se tomarán valores ficticios para comprender la dinámica de la cobertura. Los costos de producción son estimados en base datos obtenidos de la revista Márgenes Agropecuarios (2020).

Suponga que el 16/11/20 un productor argentino con campo propio (de 100 hectáreas) de la zona del sur de Santa Fe que sembró maíz, obtendrá un rinde promedio de  $80 \text{ qq/ha}^{26}$ , es decir,  $800 \text{ tn}^{27}$  de maíz. El precio *spot* del maíz fue  $\text{USD } 195/\text{tn}$  y la cotización del maíz futuro abril (en cosecha) en ese día fue  $\text{USD } 184,1/\text{tn}$ . Por otro lado, los costos totales de producción en los que incurrió el productor totalizaron  $\text{USD } 1.122/\text{ha}^{28}$ .

El productor quiso cubrir su precio de venta en cosecha, por lo que vendió 8 contratos<sup>29</sup> en MATBA-ROFEX de *MAI. ROSAbr21*<sup>30</sup> a  $\text{USD } 184,1/\text{tn}$  cada uno. De este modo se aseguró en cosecha ingresos por:

$$\text{USD } 184,1 \times 800 \text{ tn} = \text{USD } 147.280$$

Teniendo un costo total de:

$$\text{USD } 1.122 \times 100 \text{ ha} = \text{USD } 112.200$$

Así, la ganancia quedó fijada de antemano y fue de  $\text{USD } 35.080$ .

Si al 15/4/21 el contrato el *MAI. ROSAbr21* cotizó hipotéticamente en  $\text{USD } 200/\text{tn}$  (al igual que el *spot*<sup>31</sup>), y si además se supone que el productor quiso cancelar su posición, éste compró 8 contratos *MAI. ROSAbr21* a  $\text{USD } 200/\text{tn}$ , obteniendo una pérdida por futuros de  $-\text{USD } 15,9/\text{tn}$ . Luego vendió en el mercado disponible sus  $800 \text{ tn}$  a  $\text{USD } 200/\text{tn}$ , lo que representó  $\text{USD } 160.000$  y debemos restarle la pérdida por futuros, a saber:

$$-\text{USD } 15,9 \times 800 = -\text{USD } 12.720.$$

Así, sus ingresos totales ascendieron a:

$$\text{USD } 160.000 - \text{USD } 12.720 = \text{USD } 147.280$$

<sup>26</sup> Quintales por hectárea.

<sup>27</sup> Toneladas métricas (1000 kilogramos).

<sup>28</sup> Incluye gastos de comercialización y de producción (labranzas, semilla, agroquímicos, fertilizantes y cosecha).

<sup>29</sup> Cada contrato de futuros de maíz en MATBA-ROFEX representan  $100 \text{ tn}$ .

<sup>30</sup> Siglas utilizadas en MATBA-ROFEX para referir a la posición de maíz abril del 2021, entrega en puertos de Rosario.

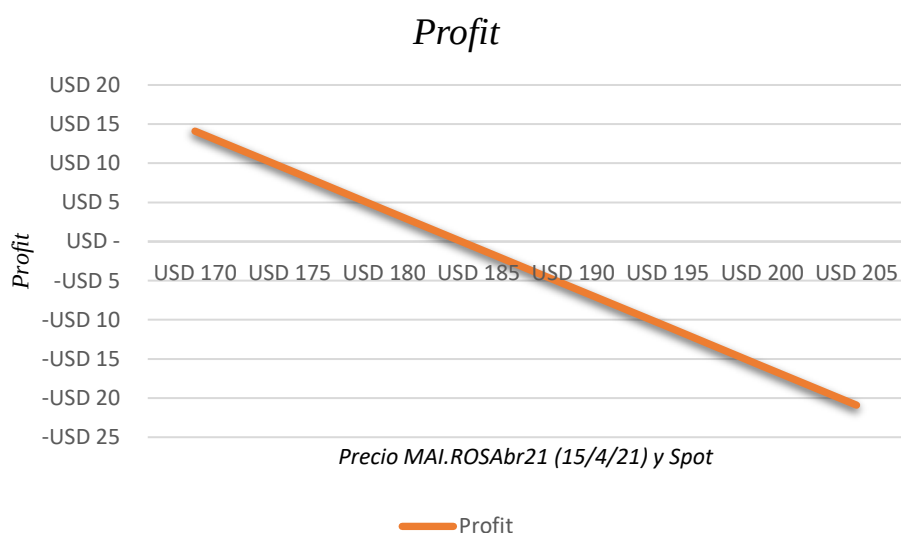
<sup>31</sup> Se supone, a priori, que no hay “riesgo de base” y que existe convergencia perfecta entre el precio *spot* y el precio de contrato de futuros, tema que será explicado a continuación.

Esto es lo mismo que se aseguró al 16/11/20, dada la posibilidad de cobertura en futuros y suponiendo convergencia perfecta entre el precio *spot* y el precio del contrato de futuros al vencimiento.

### Resultados de la cobertura corta con futuros (Escenarios hipotéticos)

| MAI.ROSAbr21 (15/4/21) |        | MAI.ROSAbr21 (16/11/20) |        | Profit     | Precio de venta |
|------------------------|--------|-------------------------|--------|------------|-----------------|
| USD                    | 170,00 | USD                     | 184,10 | USD 14,10  | USD 184,10      |
| USD                    | 175,00 | USD                     | 184,10 | USD 9,10   | USD 184,10      |
| USD                    | 180,00 | USD                     | 184,10 | USD 4,10   | USD 184,10      |
| USD                    | 185,00 | USD                     | 184,10 | -USD 0,90  | USD 184,10      |
| USD                    | 190,00 | USD                     | 184,10 | -USD 5,90  | USD 184,10      |
| USD                    | 195,00 | USD                     | 184,10 | -USD 10,90 | USD 184,10      |
| USD                    | 200,00 | USD                     | 184,10 | -USD 15,90 | USD 184,10      |
| USD                    | 205,00 | USD                     | 184,10 | -USD 20,90 | USD 184,10      |

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Se observa cómo en todos los escenarios hipotéticos el precio de venta final permanece invariable.

#### 2.5.1.3. Coberturas largas (cobertura compradora). Ejemplo

Estas son utilizadas cuando el agente entiende riesgoso el incremento en el precio de un activo y, de este modo, decide asegurarse de antemano el precio de compra futuro del mismo. Es el clásico caso de un exportador de *commodities* que tiene compromisos externos y desea fijar el precio de compra de la mercadería para evitar un decremento en sus márgenes de rentabilidad. Hasta el momento anterior a la cobertura, se dice que el exportador está *short* o vendido en maíz (se beneficia de la baja de precios y se perjudica por la suba), por lo que debe comprar contratos de futuros para neutralizar su posición.

Se ejemplificará esta situación con precios reales de cierre de posiciones en futuros (MATBA-ROFEX) y *spot*, y suponiendo que no existen costos de operación en el

mercado de futuros. Para el momento de cancelación del contrato de futuros se tomarán valores ficticios para comprender la dinámica de la cobertura.

Suponga que el 16/11/20 un exportador argentino con puerto en la zona del *Up River* generó compromisos de embarque por 25.000 *tn* de maíz para el mes de abril del año 2021. El precio *spot* del maíz fue *USD 195/tn* y la cotización del maíz futuro abril (en cosecha) en ese día fue *USD 184,1/tn*.

El directorio de la compañía exportadora decidió cubrir su posición y compró futuros por temor a un incremento en los precios que afectase eventualmente su rentabilidad. Así, compró 250 contratos de *MAI.ROSAbr21* a *USD 184,1/tn*. De este modo, el operador fijó su costo de compra total en:

$$USD\ 184,1 \times 25.000\ tn = USD\ 4.602.500$$

Si al 15/4/21 el contrato el *MAI.ROSAbr21* cotizó hipotéticamente en *USD 200/tn* (al igual que el *spot*), y si además se supone que el exportador quiso cancelar su posición, éste vendió 250 contratos de *MAI.ROSAbr21* a *USD 200*, obteniendo una ganancia por futuros de *USD 15,9/tn*. Luego compró en el mercado disponible sus 25.000 *tn* a *USD 200/tn*, lo que representó *USD 5.000.000*, y debemos restarle la ganancia por futuros, a saber:

$$USD\ 15,9 \times 25.000\ tn = USD\ 397.500$$

Así, el costo total de la compra de las 25.000 *tn* fue:

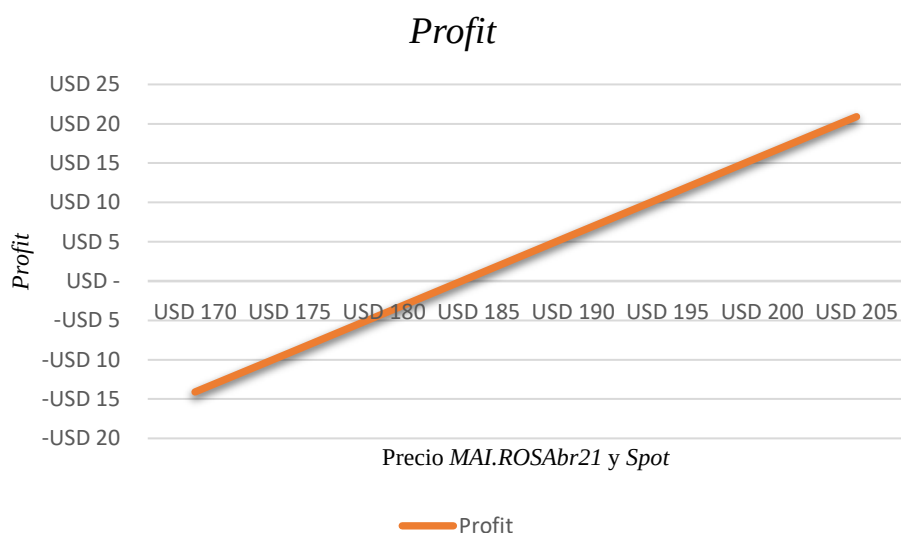
$$USD\ 5.000.000 - USD\ 397.500 = USD\ 4.602.500$$

Esto es lo mismo que se aseguró al 16/11/20, dada la posibilidad de cobertura en futuros y suponiendo convergencia perfecta entre el precio *spot* y el precio del contrato de futuros al vencimiento.

### *Resultados de la cobertura larga con futuros* (Escenarios hipotéticos)

| <i>MAI.ROSAbr21 (15/4/21)</i> |        | <i>MAI.ROSAbr21 (16/11/20)</i> |        | <i>Profit</i> | <i>Precio de compra</i> |        |
|-------------------------------|--------|--------------------------------|--------|---------------|-------------------------|--------|
| USD                           | 170,00 | USD                            | 184,10 | -USD 14,10    | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 175,00 | USD                            | 184,10 | -USD 9,10     | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 180,00 | USD                            | 184,10 | -USD 4,10     | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 185,00 | USD                            | 184,10 | USD 0,90      | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 190,00 | USD                            | 184,10 | USD 5,90      | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 195,00 | USD                            | 184,10 | USD 10,90     | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 200,00 | USD                            | 184,10 | USD 15,90     | USD                     | 184,10 |
| USD                           | 205,00 | USD                            | 184,10 | USD 20,90     | USD                     | 184,10 |

*Fuente:* elaboración propia.



*Fuente:* elaboración propia.

Se observa cómo en todos los escenarios hipotéticos el precio de compra final permanece invariable.

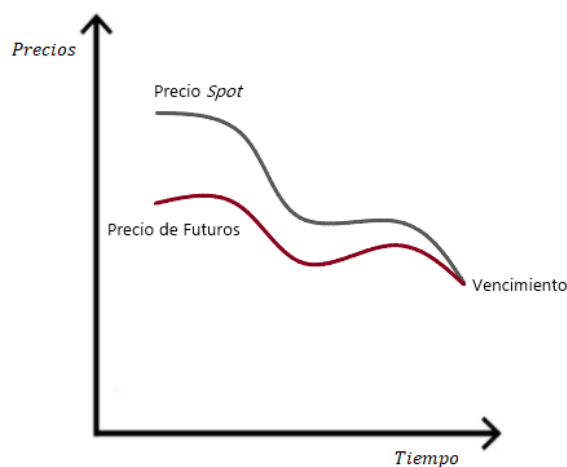
#### 2.5.1.4. Convergencia del precio de futuros con el precio *spot*. Riesgo base

Se puede decir que, en general, al vencimiento del contrato de futuros, en el mes de entrega del activo, el precio del futuro suele converger al precio *spot* (suponiendo que el activo que se cubre sea perfectamente igual al activo subyacente del contrato de futuros). (Hull, 2009)

En el caso de que converja perfectamente, es decir, que al vencimiento ambos precios se igualen, la cobertura será perfecta. Esto tiene sentido ya que los factores de oferta y demanda que determinan los precios del activo subyacente (tanto en el mercado de futuros como en el *spot*) en el vencimiento están dominados por los mismos factores. (Hull, 2009).

Gráficamente:

*Convergencia precio spot y futuro.*



*Fuente:* elaboración propia.

Se define a la base como la diferencia entre el precio *spot* del activo y el precio de futuros del mismo (Hull, 2009):

$$Base = S_0 - F$$

donde  $S_0$  es el precio *spot* del activo y  $F$  el precio futuro del mismo.

Al menos teóricamente, esta diferencia en el vencimiento debería ser cero o cercana a cero, es decir:

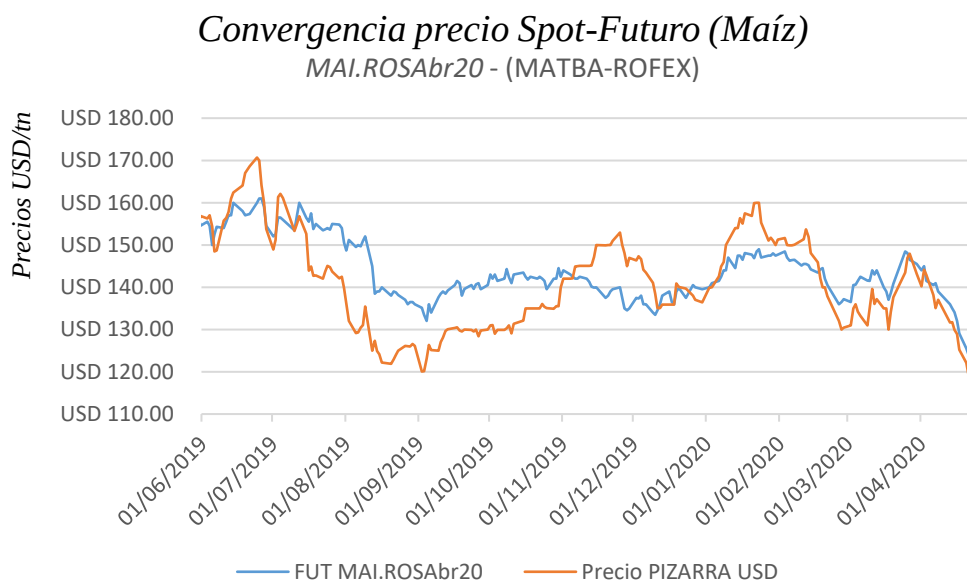
$$S_0 \cong F$$

El riesgo surge por el hecho de que, en la práctica, al vencimiento estos precios pueden diferir y generar inconvenientes al coberturista. Los motivos del *riesgo base* son los siguientes (Hull, 2009):

- El activo subyacente del futuro no es el mismo que el activo que se está cubriendo.
- El operador no conoce con real certeza el momento en el que comprará o venderá el activo.
- Es factible que la cobertura sea cancelada antes del mes de vencimiento.

Se dice que hay un *fortalecimiento de la base* cuando el precio del *spot* ( $S_0 > F$ ) aumenta más que el precio del contrato de futuros y que hay un *debilitamiento de la base* cuando el precio del contrato de futuros aumenta más que el *spot*. ( $S_0 < F$ ) (Hull, 2009).

A continuación se muestra el comportamiento de la base para el caso del maíz futuro (MATBA-ROFEX) en su posición abril del 2020 en puertos de Rosario (Sante Fe, Argentina) y el precio de maíz *spot*<sup>32</sup>.



*Fuente:* elaboración propia en base a datos de DATACENTER de MATBA (<http://datacenter.matba.com.ar/futuros.aspx>) y precios pizarra publicados por la Cámara Arbitral de Cereales de la Bolsa de Comercio de Rosario.

<sup>32</sup> Para el caso de los precios *spot* se toman los precios de pizarra publicados por la CAC.

Se observa cómo al entrar al mes de *delivery*<sup>33</sup> los precios en el mercado disponible (*spot*) y el de futuros convergen pero no se igualan de manera perfecta. En este caso, en el vencimiento del contrato de futuros (23/04/2020) vemos un pequeño *debilitamiento en la base*. Allí el maíz *spot* cotizaba a USD 120,24/tn mientras que MAI.ROSAbr20 tuvo un cierre de USD 126,50/tn.

$$S_0 < F$$

$$USD\ 120,24 < USD\ 126,50$$

### 2.5.1.5. Cobertura cruzada

Siguiendo a Hull (2009), la cobertura cruzada ocurre cuando el activo que se cubre es diferente del activo subyacente. Hasta aquí, se supuso que el activo subyacente del contrato de futuros era idéntico al activo que se pretendía cubrir, es decir, se usó una razón de cobertura igual a 1.

Hull (2009) define: “La razón de cobertura es la relación entre el tamaño de la posición tomada en los contratos de futuros y el tamaño de la exposición.” (pág. 56).

No es óptimo realizar una cobertura cruzada con una razón de 1, se debe elegir una tal que se minimice la varianza del valor de la posición que se quiere cubrir.

Matemáticamente, Hull (2009) define a la razón de cobertura como:

$$h^* = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}$$

donde:

- $\sigma_S$ : desvío estándar del cambio en el precio *spot* ( $\Delta S$ ).
- $\sigma_F$ : desvío estándar del cambio en el precio de futuros ( $\Delta F$ ).
- $\rho$ : coeficiente de correlación entre  $\Delta S$  y  $\Delta F$ .
- $h^*$ : razón que minimiza la varianza de la posición a cubrir. Este número brinda el óptimo de contratos que se deben negociar para realizar la cobertura cruzada.

Se obtuvo, de este modo, la razón óptima de cobertura. Ahora se debe determinar el número óptimo de contratos a utilizarse para la cobertura, que viene dado por:

$$N^* = \frac{h^* Q_A}{Q_F}$$

donde:

- $Q_A$ : tamaño de la posición a cubrir (unidades)
- $Q_F$ : tamaño del contrato de futuros (unidades)
- $N^*$ : cantidad de contratos de futuros que señalan la cobertura óptima.

### 2.5.1.6. Operaciones combinadas (pases)

---

<sup>33</sup> Mes de entrega del activo subyacente.

El MATBA-ROFEX (2020) define: “La operación combinada consiste en la compra o venta simultánea de dos o más contratos independientes, por lo que a los efectos administrativos y de cálculo de derechos de registro se considerará cada operación por separado.” (pág. 1).

Se estudiarán los pases sobre un mismo producto<sup>34</sup>, con diferentes vencimientos. En este caso, se entenderá como comprador del pase a aquel agente que venda la posición más cercana y compre la más lejana. Análogamente, se entenderá como vendedor del pase a aquel agente que compre la posición más cercana y venda la más lejana (MATBA-ROFEX, 2020).

Esta operación permite apostar a un aumento o disminución del *spread* entre posiciones. Al tener dos posiciones opuestas, la apuesta es más conservadora que posicionarse en un sólo contrato.

El comprador del pase se beneficia del aumento del *spread*, mientras que el vendedor se beneficia de la disminución del mismo.

### 2.5.1.7. Determinación del precio futuro de un activo

#### 2.5.1.7.1. Supuestos y generalización. Modelo “*Cost of Carry*”

En principio, para valuar futuros y trabajar sobre un determinado modelo de valuación, es menester plantear los supuestos que subyacen a la teoría (Hull, 2009)<sup>35</sup>:

- Inexistencia de costos de transacción.
- Es factible prestar y pedir prestado a una única tasa de interés libre de riesgo.
- Inexistencia de riesgo crediticio.
- Existe la posibilidad de realizar ventas en descubierto del activo subyacente.
- Economía sin impuestos.
- El mercado está completamente arbitrado<sup>36</sup>.

Una vez conocidos estos supuestos, se puede decir que el valor de un activo determinado en el futuro es igual a su precio actual (*spot*) más los costos necesarios para trasladar ese activo en el tiempo a una determinada fecha futura (Hull, 2009). Este es el denominado modelo “*Cost of Carry*”<sup>37</sup>.

Suponiendo tasa de interés continua, matemáticamente el precio de un contrato de futuro estará determinado de la siguiente manera:

$$F_0 = S_0 e^{rT}$$

donde:

- $F_0$ : es el precio del futuro hoy.
- $S_0$ : es el precio disponible o *spot* del activo hoy.
- $r$ : es la tasa libre de riesgo anual.

---

<sup>34</sup> Cabe aclarar que existen pases también sobre diferentes productos.

<sup>35</sup> Se trabajará especialmente en la valuación de contratos de futuros referidos a *commodities* agrícolas.

<sup>36</sup> No hay posibilidad alguna de generar ganancias libres de riesgo operando con los instrumentos.

<sup>37</sup> Costo de acarreo.



- $T$ : es el tiempo al vencimiento (en años).

De este modo, se puede determinar el precio “teórico” de un activo en el futuro para conocer si el mercado está valuando correctamente. En el supuesto caso de que el precio teórico difiera del valor establecido por el mercado surge la posibilidad de realizar arbitrajes, es decir, obtener ganancias libres de riesgo realizando algunas operaciones de manera simultánea, comprando lo subvaluado y vendiendo lo sobrevaluado.

Díaz Tinoco y Venegas-Martínez (2001) explican el mecanismo de arbitraje en los mercados de futuros: “(...) El arbitraje, por otro lado, se define como una operación que consiste en realizar dos o más transacciones simultáneas en dos o más mercados, y cuyo propósito es el de obtener un beneficio libre de riesgo con una inversión igual a cero. El arbitraje ayuda a mantener alineados los mercados *spot*, de futuros y de crédito, contribuyendo a aumentar la eficiencia y liquidez de los tres mercados.” (p. 5).

Así, si se da el caso de que:

$$F_0 > S_0 e^{rT}$$

el contrato de futuros se encuentra sobrevaluado y es posible obtener una ganancia libre de riesgo, comprando el activo al precio  $S_0$  con apalancamiento a la tasa  $r$ , y vendiendo el contrato de futuro a  $F_0$ .

Por otro lado, si se tiene que:

$$F_0 < S_0 e^{rT}$$

el contrato de futuros se encuentra subvaluado y es posible obtener una ganancia libre de riesgo, comprando el futuro al precio  $F_0$ , y vendiendo el activo en el mercado disponible a  $S_0$ , invirtiendo dicha suma a la tasa  $r$ .

Obviamente, por la ley de la oferta y la demanda los desarbitrajes duran muy poco, es decir, que aumenta la oferta de la “posición sobrevaluada” y se incrementa la demanda de la “posición subvaluada”, por lo que el valor teórico y el de mercado deberían converger en un corto lapso de tiempo.

#### 2.5.1.7.2. Determinación del precio futuro de *commodities* agrícolas

Para valuar futuros agrícolas es necesario, en principio, tener en cuenta la importancia del costo de almacenamiento de los productos y suponer que estos se puedan almacenar sin que cambien sus condiciones, ni su calidad.

Así, al modelo “*Cost of Carry*” que se viene tratando se le deben incorporar ahora los costos de almacenamiento (Hull, 2009):

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

donde  $U$  es la notación utilizada para referir a los costos de almacenar la mercadería.

De este modo, si:

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

el futuro está sobrevaluado y aparece una oportunidad de arbitraje, que se materializará de la siguiente manera:

1. El operador deberá obtener un crédito a la tasa libre de riesgo por un monto igual a  $(S_0 + U)$ , con ello comprará una unidad de mercadería al precio  $S_0$  y la almacenará incurriendo en un costo  $U$ .
2. De manera simultánea deberá vender el futuro sobrevaluado al precio  $F_0$  por una unidad de mercadería.

El beneficio final de la estrategia estará determinado por:

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

donde  $B$  es el beneficio del arbitraje.

Por otro lado si:

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

el futuro está subvaluado y aparece una oportunidad de arbitraje, que se materializará de la siguiente manera:

1. El operador deberá vender una unidad de *commodity* y prestar a la tasa libre de riesgo por un monto igual a  $(S_0 + U)$
2. De manera simultánea deberá comprar el futuro subvaluado al precio  $F_0$  por una unidad de mercadería.

el beneficio final de la estrategia estará determinado por:

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

donde  $B$  es el beneficio del arbitraje.

### **2.5.1.7.3. Determinación del precio futuro de una divisa. Teoría de la paridad de tasas de interés**

Se abordará el siguiente tema en base a los modelos de Krugman, Obstfeld y Melitz (2016) y de Hull (2009).

Se supone una economía abierta, la posibilidad de realizar arbitrajes, y perfecta sustituibilidad de activos.

La teoría de la paridad de tasas de interés indica que la rentabilidad de los títulos en moneda local debe ser igual a la tasa de interés internacional más la tasa de devaluación esperada. Es decir:

$$r_{\$} = r_{USD} + \Delta d_{\$}$$
$$r_{\$} = r_{USD} + \frac{E^e - E_{spot}}{E_{spot}}$$

donde:

- $r_{\$}$ : tasa de interés de títulos en pesos.
- $r_{USD}$ : tasa de interés de títulos en dólares.
- $\Delta d_{\$}$ : tasa de devaluación esperada del tipo de cambio nominal.
- $E^e$ : tipo de cambio nominal esperado en un período futuro.
- $E_{spot}$ : tipo de cambio nominal *spot*.

De la ecuación se desprende que si los títulos en pesos rinden más que la tasa de interés internacional, aumentará la demanda de pesos (*carry trade*), se apreciará el peso (tipo de cambio nominal *spot*) y el sistema volverá al equilibrio:

$$r_{\$} > r_{USD} + \frac{E^e - E_{spot}}{E_{spot}}$$

$E_{spot}$  bajará hasta que nuevamente:

$$r_{\$} = r_{USD} + \frac{E^e - E_{spot}}{E_{spot}}$$

De forma análoga, si los títulos en pesos rinden menos que la tasa de interés internacional en dólares, aumentará la demanda de divisas, se depreciará el peso (aumentará el tipo de cambio nominal *spot*) y el sistema volverá al equilibrio:

$$r_{\$} < r_{USD} + \frac{E^e - E_{spot}}{E_{spot}}$$

$E_{spot}$ , subirá hasta que nuevamente:

$$r_{\$} = r_{USD} + \frac{E^e - E_{spot}}{E_{spot}}$$

Es decir, la ecuación de paridad de tasas de interés está garantizada por los arbitrajistas, que corrigen los desequilibrios en los rendimientos de los títulos en moneda local y extranjera.

Krugman, Obstfeld y Melitz (2016) afirman: “Solamente cuando se igualan todas las tasas de rentabilidad, es decir, cuando se cumpla la condición de paridad de intereses, no existirá ni un exceso de oferta ni un exceso de demanda de depósitos. El mercado de divisas estará en equilibrio cuando ningún depósito se halle en una situación de exceso de oferta o de demanda. Por tanto, podemos afirmar que el mercado de divisas se hallará en equilibrio cuando se cumpla la condición de la paridad de intereses.” (pág. 361).

Ahora bien, hasta aquí, para simplificar se atendió a la paridad “*descubierta*” de tasas de interés. Se abordará ahora el concepto de paridad *cubierta* de tasas de interés, incorporando instrumentos de cobertura. La diferencia elemental radica en que en la paridad cubierta, el tipo de cambio esperado pasa a ser un número conocido y deja de ser incierto. Por lo tanto, la fórmula pasaría a ser la siguiente:

$$r_{\$} = r_{USD} + \frac{F_0 - E_{spot}}{E_{spot}}$$

donde  $F_0$  es el precio del contrato de futuro de la moneda extranjera.

El tipo de cambio para el futuro quedará determinado por un contrato de divisas a futuro. Así, se puede definir el precio futuro teórico de un contrato de dólar como:

$$F_0 = E_{spot} \frac{(1 + r_{\$})}{(1 + r_{USD})}$$

En tiempo continuo:

$$F_0 = E_{spot} e^{(r_{\$} - r_{USD})}$$

#### 2.5.1.7.4. Tasas implícitas de futuros sobre divisas

Intuitivamente, se puede determinar que existe una tasa de interés *implícita* entre el precio *spot* de la moneda extranjera y su precio futuro. Por lo tanto es cierto que<sup>38</sup>:

$$Tasa\ implícita\ efectiva = \left( \frac{F_0}{E_{spot}} \right) - 1$$

$$Tasa\ implícita\ nominal\ anual = \left( \frac{F_0}{E_{spot}} - 1 \right) \left( \frac{365}{n} \right)$$

donde  $n$  es el tiempo al vencimiento del contrato de futuro de divisas.

## 2.6. Opciones

Las opciones son instrumentos derivados que otorgan el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender un determinado activo subyacente a un determinado precio en una fecha futura específica.

El siguiente análisis estará basado en las opciones de tipo “americanas”, es decir, aquellas opciones que pueden ser ejercidas antes del vencimiento por el tenedor y que son las más comunes en los mercados. Cabe aclarar que existen otro tipo de opciones que sólo pueden ser ejercidas al vencimiento del contrato y que son denominadas opciones de tipo “europeas”.

Supuestos:

- Inexistencia de costos de transacción.
- Las utilidades netas están sujetas a la misma tasa impositiva.
- Es posible prestar y pedir prestado a la tasa libre de riesgo.

Notación:

- $c$ : precio de una opción de compra (prima).

---

<sup>38</sup> Tasas implícitas en tiempo continuo:

$$Tasa\ implícita\ efectiva = \ln \left( \frac{F_0}{E_{spot}} \right)$$

$$Tasa\ implícita\ nominal\ anual = \ln \left( \frac{F_0}{E_{spot}} \right) \left( \frac{365}{n} \right)$$

- $\rho$ : precio de una opción de venta (prima).
- $S_0$ : precio del activo subyacente en el tiempo  $t = 0$ .
- $X$ : precio de ejercicio (*strike*).
- $r$ : tasa libre de riesgo.
- $T$ : tiempo al vencimiento de la opción.
- $t$ : tiempo intermedio antes del vencimiento de la opción.

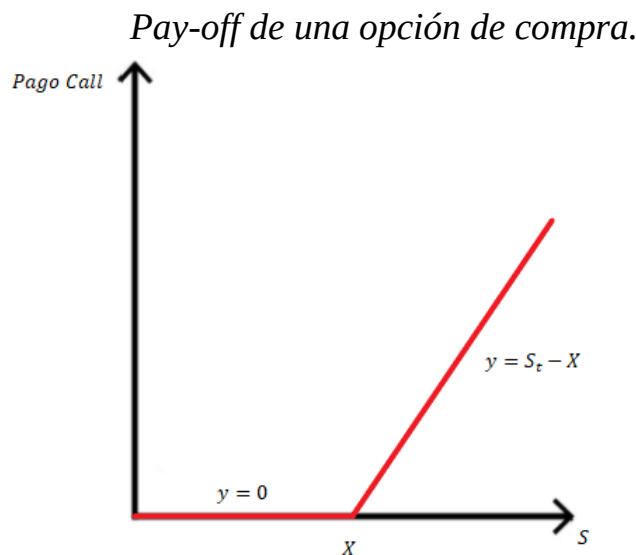
Existen dos tipos de opciones americanas:

### 2.6.1. Opción de compra (*Call option*)

Es el derecho a comprar al tiempo de ejercicio  $t$  y al precio de ejercicio  $X$  (*strike*) un activo pagando una prima “ $c$ ” al inicio de la operación. El pago (*pay-off*) de una *call option* se da cuando:

$$\text{Pago Call} = \text{MAX} (S_t - X; 0) = (S_t - X)$$

Así, si  $S_t > X$  se recibe el pago  $(S_t - X)$  y la opción es ejercible. (Stampfli y Goodman, 2002).



Fuente: Elaboración propia en base a Tarzia (2020).

$$y = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 \leq S_t \leq X \\ S_t - X & \text{si } S_t \geq X \end{cases}$$

Para comprar una opción, como ya se dijo, debe pagarse una prima al realizarse el contrato, por lo que el resultado final o *profit* en  $t$  para una opción de compra será:

$$\text{Profit}_t = \text{MAX} (S_t - X; 0) - ce^{rt}$$

Es decir, será el *pay-off* de la opción de compra menos el valor futuro de la prima. (Hull, 2009).

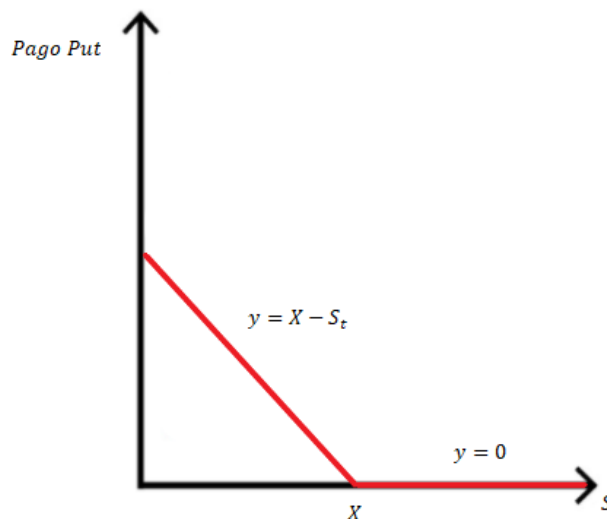
### 2.6.2. Opción de venta (*Put option*)

Es el derecho a vender al tiempo de ejercicio  $t$  y al precio de ejercicio  $X$  un activo pagando una prima “ $\rho$ ” al inicio de la operación. El pago (*pay-off*) que obtiene al instante  $t$  es:

$$\text{Pago Put} = \text{MAX} (X - S_t; 0) = (X - S_t)$$

Así si  $S_t < X$  se recibe el pago  $(X - S_t)$  y la opción es ejercible. (Stampfli y Goodman, 2002).

### *Pay-off de una opción de venta*



Fuente: Elaboración propia en base a Tarzia (2020).

$$y = \begin{cases} X - S_t & \text{si } 0 \leq S_t \leq X \\ 0 & \text{si } S_t \geq X \end{cases}$$

En este caso el *profit* en  $t$  para una opción de venta será:

$$\text{Profit}_t = \text{MAX} (X - S_t; 0) - \rho e^{rt}$$

Es decir, será el *pay-off* de la opción de venta menos el valor futuro de la prima (Hull, 2009).

### **2.6.3. Moneyness de una opción (grado de dinero)**

En resumen, el *moneyness* o el grado de dinero de una opción refiere al *pay-off* de la misma. (Hull, 2009).

- **In the money (ITM):** si la opción tiene un *pay-off* positivo se dice que la misma está *in the money* o dentro del dinero.

$$\text{Call ITM} \leftrightarrow S_t > X$$

$$\text{Put ITM} \leftrightarrow X > S_t$$

- **Out of the money (OTM):** por otro lado, si la opción tiene un *pay-off* negativo se está bajo el caso de un *out of the money* o fuera del dinero.

$$\text{Call OTM} \leftrightarrow S_t < X$$

$$\text{Put OTM} \leftrightarrow X < S_t$$

- **At the money (ATM):** este es el caso donde el *pay-off* es igual a cero.

$$\text{Call ATM} \leftrightarrow S_t = X$$

$$\text{Put ATM} \leftrightarrow X = S_t$$

#### 2.6.4. Propiedades de las opciones de compra (*call*) americanas

Se procederá a detallar las propiedades de las *calls* americanas. El análisis está basado en Hull (2009) y Tarzia (2020).

##### 1. Cota inferior del precio de una call:

$$c \geq 0$$

Es decir, la prima de una *call* es siempre positiva.

Además:

$$c \geq \text{MAX} (S_0 - X; 0)$$

El precio de una opción de compra debe ser mayor o igual al máximo entre cero y la diferencia entre el precio del activo subyacente y el precio de ejercicio. Es decir, la opción debe tener un valor mayor o igual a su valor intrínseco  $S_0 - X$ .

##### 2. Cota superior de c:

$$c \leq S_0$$

El límite superior para la prima de una *call* está determinado por el precio actual del activo subyacente. Esto es cierto ya que, de lo contrario, un arbitrajista podría obtener una ganancia libre de riesgo comprando el activo al precio  $S_0$  y vendiendo la opción a  $c$ .

##### 3. Monotonía c respecto a X:

$$X_1 < X_2 \rightarrow c(X_1) \geq c(X_2)$$

Si se tienen dos opciones, una con precio de ejercicio  $X_1$  y otra con un precio de ejercicio mayor  $X_2$ , la *call* con precio de ejercicio menor tiene más valor.

##### 4. Función Lipschitz de c respecto a X:

$$X_1 \leq X_2 \rightarrow 0 \leq c(X_1) - c(X_2) \leq X_2 - X_1$$

Esto determina un avance de la propiedad anterior. Es decir, la *call* tiene más valor cuando el precio de ejercicio es menor pero esto está acotado a  $X_2 - X_1$ . Por lo tanto, la diferencia

de valor en las *calls*  $\{c(X_1) - c(X_2)\}$  no puede ser superior a la diferencia entre los precios de ejercicio  $\{X_2 - X_1\}$ .

#### 5. Convexidad de $c$ respecto a $X$ :

$$X_1 < X_2 < X_3 \rightarrow c(X_2) \leq \frac{X_3 - X_2}{X_3 - X_1} c(X_1) + \frac{X_2 - X_1}{X_3 - X_1} c(X_3)$$

Es decir, que a medida que el precio de ejercicio  $X$  se incrementa, el valor de la *call* decrece pero de manera convexa. O lo que es lo mismo, a medida que  $X$  decrece, el precio de la *call* crece de manera convexa.

#### 6. Monotonía de $c$ respecto al tiempo de ejercicio $T$ :

$$T_1 < T_2 \rightarrow c(T_1) \leq c(T_2)$$

Las opciones de compra se vuelven más valiosas cuanto mayor es el tiempo al vencimiento.

### 2.6.5. Propiedades de las opciones de venta (*put*) americanas

Análogamente, se procederá a detallar las propiedades de las *puts* americanas. El análisis está basado en Hull (2009) y Tarzia (2020).

#### 1. Cota inferior del precio de una *put*:

$$\rho \geq 0$$

Es decir, la prima de una *put* es siempre positiva.

Además:

$$\rho \geq \text{MAX}(X - S_0; 0)$$

El precio de una opción de venta debe ser mayor o igual al máximo entre cero y la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio del activo subyacente. Es decir, la opción debe tener un valor mayor o igual a su valor intrínseco  $X - S_0$ .

#### 2. Cota superior de $\rho$ :

$$\rho \leq X$$

El límite superior para la prima de una *put* está determinado por el precio de ejercicio. No importa cuánto disminuya el precio del activo subyacente, la opción no puede valer más que  $X$ . De lo contrario podría obtener una ganancia libre de riesgo al vender la opción.

#### 3. Monotonía $\rho$ respecto a $X$ :

$$X_1 < X_2 \rightarrow \rho(X_1) \leq \rho(X_2)$$

Si se tienen dos opciones de venta, una con precio de ejercicio  $X_1$  y otra con un precio de ejercicio mayor  $X_2$ , la *put* con precio de ejercicio mayor tiene más valor.

#### 4. Función Lipschitz de $\rho$ respecto a $X$ :

$$X_1 < X_2 \rightarrow \rho(X_2) - \rho(X_1) \leq X_2 - X_1$$



Esto determina un avance de la propiedad anterior. Es decir, la *put* tiene más valor cuando el precio de ejercicio es mayor pero esto está acotado a  $X_2 - X_1$ . Por lo tanto, la diferencia de valor en las *puts*  $\{\rho(X_2) - \rho(X_1)\}$  no puede ser superior a la diferencia entre los precios de ejercicio  $\{X_2 - X_1\}$ .

#### 5. Convexidad de $\rho$ respecto a $X$ :

$$X_1 < X_2 < X_3 \rightarrow \rho(X_2) \leq \frac{X_3 - X_2}{X_3 - X_1} \rho(X_1) + \frac{X_2 - X_1}{X_3 - X_1} \rho(X_3)$$

Es decir, que a medida que el precio de ejercicio  $X$  se incrementa, el valor de la *put* crece pero de manera convexa. O lo que es lo mismo, a medida que  $X$  decrece, el precio de la *put* decrece de manera convexa.

#### 6. Monotonía de $\rho$ respecto al tiempo de ejercicio $T$ :

$$T_1 < T_2 \rightarrow \rho(T_1) \leq \rho(T_2)$$

Las opciones de venta se vuelven más valiosas cuanto mayor es el tiempo al vencimiento.

### 2.6.6. Paridad *Put-Call*

El costo neto de comprar un activo subyacente en una fecha futura determinada (con opciones) debe ser igual al costo neto de comprar el activo mediante un contrato de futuro. Se supone que las opciones no se ejercen hasta el vencimiento.

Si hoy se compra un futuro con fecha de vencimiento  $T$  a un precio  $F_T$ , y teniendo en cuenta su valor actual  $F_T e^{-rT}$ , y además se compra una *call* y se vende una *put* a un precio de ejercicio  $X$  con vencimiento  $T$ :

$$F_T e^{-rT} = c - \rho + X e^{-rT}$$

Por lo tanto:

$$(F_T - X) e^{-rT} = c - \rho$$

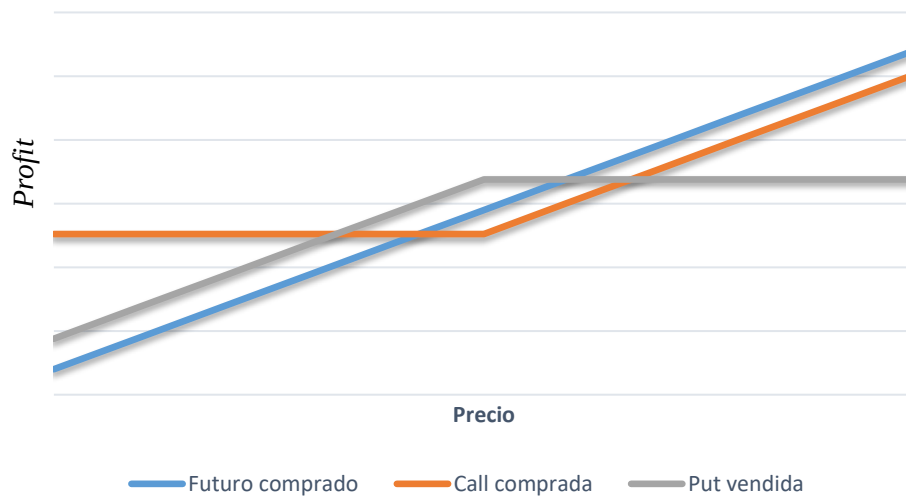
El valor actual de la diferencia entre el precio del futuro y el precio de ejercicio debe ser igual a la prima neta de comprar una *call* y vender una *put* (Hull, 2009).

En simples términos, la propiedad dice que comprar el activo subyacente debe costar lo mismo comprando un futuro que mediante la combinación de opciones (futuro sintético), de lo contrario aparecen oportunidades de arbitraje. Estas oportunidades se ejecutarían comprando el subyacente a un precio bajo y vendiéndolo al precio alto, obteniendo un beneficio libre de riesgo.

#### 2.6.6.1. Futuro sintético

Como se vio anteriormente, un futuro comprado sintético consiste en replicar un contrato de futuro combinando opciones. Para esto se debe comprar una *call* y vender una *put* con las mismas condiciones (fecha de vencimiento, activo subyacente y *strike*). (Hull, 2009). Gráficamente:

### *Futuro sintético comprado*



Fuente: elaboración propia.

Análogamente, un futuro sintético vendido se logra comprando una *put* y vendiendo una *call* en las mismas condiciones (fecha de vencimiento, activo subyacente y precio de ejercicio). (Hull, 2009).

#### **2.6.7. Valor intrínseco y valor tiempo**

El valor intrínseco de una opción, si existe, es el valor que tiene la misma si se ejerce inmediatamente. Este valor es el valor mínimo del precio de una opción. Por su parte, el valor tiempo o valor extrínseco es aquel valor que el comprador de una opción está dispuesto a pagar por ella por la posibilidad de que en el futuro culmine *in the money* y por el valor tiempo del dinero. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

Ahora bien, la prima de la opción será la suma de estos dos valores. Es el precio que el comprador está dispuesto a pagar por la misma y el precio que el vendedor está dispuesto a recibir:

$$\text{Prima} = \text{valor intrínseco} + \text{valor tiempo}$$

Al vencimiento, el precio de la opción sólo está conformado por su valor intrínseco (si fuese positivo), ya que en ese momento su valor extrínseco es cero. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017b).

#### **2.6.8. Opciones sobre futuros**

El comprador de una *call* sobre algún contrato de futuros, tiene el derecho, pero no la obligación, de comprar un contrato de futuros a un precio específico en una fecha determinada. Así, se obtiene la posibilidad de ganar ante la suba de precios, pero con una protección a la baja, en cuyo caso se perdería un monto igual a la prima pagada.

El comprador de una *put* sobre futuros, tiene el derecho, pero no la obligación, de vender un contrato de futuros a un precio específico en una fecha determinada. Entonces, se

obtiene la posibilidad de ganar ante la baja de precios, pero con una protección a la suba, en cuyo caso se perdería un monto igual a la prima.

El comprador de opciones *calls* (o *puts*) puede cancelar su posición vendiendo una opción del mismo tipo, con igual fecha de vencimiento (y mismo activo subyacente), dejando que expire o ejerciéndola. Cuando éste decide ejercer su opción de compra (opción de venta), quedará con una posición comprada (vendida) en el mercado de futuros al *strike* pactado.

## 2.6.9. Estrategias con opciones

### 2.6.9.1. Cobertura vendedora. Ejemplo

Este tipo de coberturas son realizadas por aquellos que se quieren cubrir ante la baja de los precios, pero que aun así, no quieren perder la posibilidad de tomar una probable suba en los mismos. Es el típico caso de un productor agropecuario o un acopio que desea poner un piso a sus precios de venta. (Hull, 2009).

Se ejemplificará esta situación con precios de cierre de posiciones en futuros y opciones (MATBA-ROFEX) y *spot* (tomando como referencia la “pizarra” de la CAC) y suponiendo por el momento que no existen costos de operación en el mercado de futuros y opciones. Se supone además que la tasa libre de riesgo es  $r = 0,11\%$  anual<sup>39</sup>. Para el momento de cancelación del contrato se tomarán algunos valores ficticios para comprender el funcionamiento de la cobertura.

Suponga que el 16/11/20 un productor agropecuario del sur de la Provincia de Buenos Aires, estimó que va a cosechar su trigo en enero y decidió ponerle un piso a su precio de venta, pero eligió guardarse la posibilidad de captar posibles subas en los mismos. El productor tenía 100 *ha* de campo propio, con un rinde aproximado de 40 *qq/ha*. Es decir, 400 *tn* de trigo.

En ese momento tomando cotizaciones de MATBA-ROFEX una *put* de trigo enero del 2021 *TRI.ROSEne21* cotizaba a *USD 3/tn* con un *strike* de *USD 211/tn*. Así, compró cuatro opciones de venta para cubrir 400 *tn* de trigo a un precio de ejercicio de  $X = \text{USD } 211/\text{tn}$  pagando una prima de  $\rho = \text{USD } 3/\text{tn}$ .

Al 21/12/20 ( $t$ ) al productor se la ha adelantado la cosecha, trilló y tuvo el trigo listo para ser entregado a la exportación. Ese día, el precio *spot* del trigo de acuerdo a datos de la Cámara Arbitral de Cereales de la Bolsa de Comercio de Rosario fue *USD 226,28/tn* y el futuro *TRI.ROSEne21* cotizó *USD 230,40/tn*. Por lo tanto, se tuvo una situación en la que  $X < S_t$ , es decir, que el precio de ejercicio fue menor al precio del activo subyacente, en este caso el trigo enero. Así, el productor decidió no ejercer la *put*, canceló su posición, perdió la prima, y vendió en el mercado disponible 400 *tn* de trigo a *USD 226,28/tn*. Así:

$$\text{Payoff}_t = \text{MAX}(X - S_t; 0) = \text{MAX}(\text{USD } 211 - \text{USD } 230,40; 0) = \text{USD } 0/\text{tn}$$

$$\text{Profit}_t = \text{MAX}(X - S_t; 0) - \rho e^{rt} = 0 - \text{USD } 3e^{0,0011 \times \frac{35}{365}} = -\text{USD } 3,0003/\text{tn}$$

---

<sup>39</sup> Tasa LIBOR.

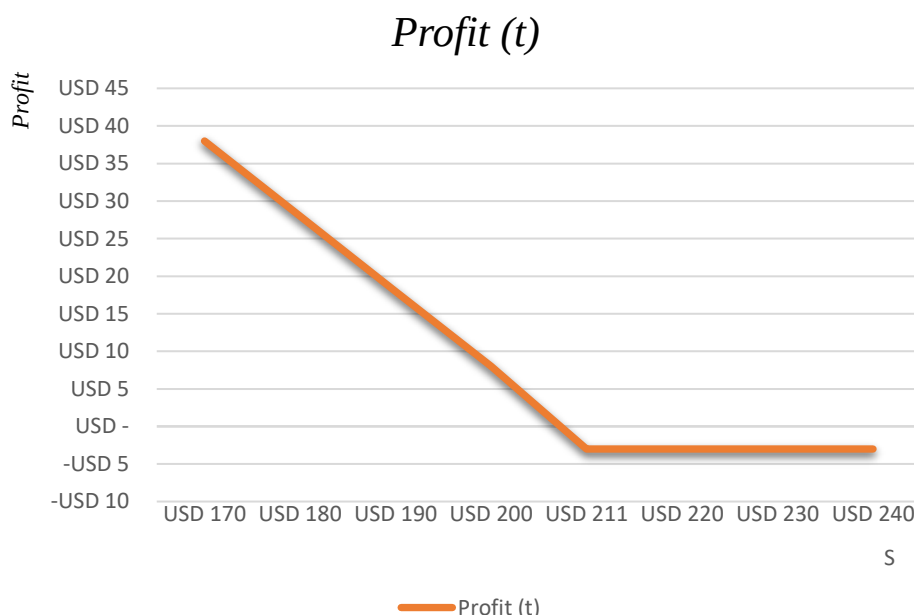
$$\text{Precio final de venta en } (t) = \text{USD } 226,28 - \text{USD } 3,0003 = \text{USD } 223,28/\text{tn}$$

A continuación se tomaron diversos valores hipotéticos del precio del subyacente en  $t$  para ver el comportamiento del *profit*:

*Pay-off y profit en (t).*

| S         | X         | $\rho$ (t) | Payoff (t) | Profit (t) |
|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| \$ 170,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ 41,00   | \$ 37,9997 |
| \$ 180,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ 31,00   | \$ 27,9997 |
| \$ 190,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ 21,00   | \$ 17,9997 |
| \$ 200,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ 11,00   | \$ 7,9997  |
| \$ 211,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ -       | -\$ 3,0003 |
| \$ 220,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ -       | -\$ 3,0003 |
| \$ 230,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ -       | -\$ 3,0003 |
| \$ 240,00 | \$ 211,00 | \$ 3,0003  | \$ -       | -\$ 3,0003 |

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.9.2. Cobertura compradora. Ejemplo

Este tipo de coberturas son realizadas por aquellos que se quieren cubrir ante la suba de los precios, pero que aun así, no quieren perder la posibilidad de tomar una probable baja en los mismos. Es el típico caso de un exportador o industrial procesador de granos que desea poner un techo a sus precios de compra, para garantizar un determinado margen de ganancia. (Hull, 2009).

Se procederá a ejemplificar esta situación con precios reales de cierre de posiciones en futuros y opciones (MATBA-ROFEX) y *spot*, y suponiendo que no existen costos de operación en el mercado de futuros y opciones. Se supone además que la tasa libre de

riesgo es  $r = 0,11\%$  *anual*<sup>40</sup>. Para el momento de cancelación del contrato se tomarán algunos valores ficticios para comprender la dinámica de la cobertura.

Suponga que el 16/11/20 un exportador argentino con puerto en la zona del *Up River* generó compromisos de embarque por 19.000 *tn* de soja para el mes de mayo del año 2021. El precio *spot* de la soja el 16/11/20 fue es *USD 347,88/tn* de acuerdo a la CAC.

En ese momento, tomando cotizaciones de MATBA-ROFEX, una *call* de soja mayo del 2021 *SOJ.ROSMay21* cotizó en *USD 5,5/tn* con un *strike* de *USD 342/tn*. Así, compró 190 contratos de opciones de compra (*call*) para cubrir 19.000 *tn* de soja en cosecha a un precio de ejercicio de  $X = \text{USD } 342/\text{tn}$  pagando una prima de  $c = \text{USD } 5,5/\text{tn}$ .

Al 30/03/21 ( $t$ ) el exportador decidió cancelar su posición. Ese día, el precio *spot* de la soja cotizó en *USD 321,12/tn* y el futuro *SOJ.ROSMay21* cotizó *USD 324/tn*. Por lo tanto, se tuvo una situación en la que  $X > S_t$ , es decir, que el precio de ejercicio fue mayor al precio del activo subyacente, en este caso la soja mayo. Así, el exportador decidió no ejercer la *call*, canceló su posición, perdió la prima, y compró en el mercado disponible 19.000 $tn$  de soja a *USD 321,12/tn*.

$$\text{Payoff}_t = \text{MAX} (S_t - X; 0) = \text{MAX} (\text{USD } 324 - \text{USD } 342; 0) = \text{USD } 0/\text{tn}$$

$$\text{Profit}_t = \text{MAX} (S_t - X; 0) - ce^{rt} = \text{USD } 0 - \text{USD } 5,5e^{0,0011 \times \frac{134}{365}} = -\text{USD } 5,5022/\text{tn}$$

$$\text{Precio final de compra en } (t) = \text{USD } 321,12 + \text{USD } 5,5022 = \text{USD } 326,62/\text{tn}$$

A continuación se tomaron diversos valores hipotéticos del precio del subyacente en  $t$  para ver el comportamiento del *profit*:

*Pay-off y profit en (t).*

| $S$        | $X$        | $c$ (t)    | $\text{Payoff}$ (t) | $\text{Profit}$ (t) |
|------------|------------|------------|---------------------|---------------------|
| USD 310,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD -               | -USD 5,5022         |
| USD 320,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD -               | -USD 5,5022         |
| USD 330,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD -               | -USD 5,5022         |
| USD 340,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD -               | -USD 5,5022         |
| USD 350,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD 8,00            | USD 2,4978          |
| USD 360,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD 18,00           | USD 12,4978         |
| USD 370,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD 28,00           | USD 22,4978         |
| USD 380,00 | USD 342,00 | USD 5,5022 | USD 38,00           | USD 32,4978         |

Fuente: elaboración propia.

<sup>40</sup> Tasa LIBOR.



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.9.3. Lanzamiento cubierto

Una estrategia válida y muy utilizada en la comercialización de granos argentina son los lanzamientos cubiertos. Estos consisten en lanzar o vender opciones, teniendo el activo subyacente comprado o vendido, para ganar la prima y obtener un flujo de fondos adicional, con la condición de que el individuo pueda quedar comprado o vendido en alguna posición posterior, de acuerdo a si se lanza una *call* o una *put* y dependiendo de que estas se ejerzan o no. (Hull, 2009).

En el mercado se denominan a estos instrumentos “negocios condicionales”.

Si se lanza una opción *call*, sin tener el activo subyacente comprado, se tiene un “lanzamiento descubierto”, y es una estrategia del tipo especulativa, donde se apuesta a una dirección en los precios.

Suponga que el 16/11/20 un acopio del sudeste de Córdoba tenía almacenadas 300 *tn* de maíz en sus silos. El gerente del acopio decidió obtener un flujo de fondos adicional para invertirlo a una tasa libre de riesgo hasta el 6/04/21 y luego utilizarlo para saldar una deuda con un productor agropecuario. Con asesoría de su corredor, ejecutó un lanzamiento cubierto vendiendo tres *calls* de *MAI. ROSAbr21* con  $c = \text{USD } 6/\text{tn}$  y  $X = \text{USD } 205/\text{tn}$ .

En ese momento obtuvo los *USD 6* por *tn* de la prima, que invirtió al 3% anual hasta el 6/04/21 para calzar la deuda con el productor, y quedó condicionado a que si el precio del *MAI. ROSAbr21* cotizaba por encima de los *USD 205/tn*, quedaría vendido por 300 *tn* a *USD 205*. Esto sucedería porque la *call* sería ejercible y su comprador probablemente la haya ejercido.

Así, esta estrategia tendría una ganancia limitada si el precio del activo subyacente se incrementaba, por el hecho de que el lanzador debería vender al precio de ejercicio. De lo contrario, si el precio bajaba, la pérdida en el subyacente sería en algún punto compensada por la prima ganada.

Viendo el lanzamiento cubierto de manera global, termina siendo similar a la venta de una *put*.

Al 12/01/21 el maíz abril *MAI.ROSAbr21* cotizó *USD 210/tn*, y le ejercieron la *call*. Además el gerente decidió vender el maíz ese mismo día en el mercado disponible. El *spot* cotizó *USD 204,30/tn*:

$$Payoff_t = -MAX(S_t - X; 0) = -MAX(USD 210 - USD 205; 0) = -USD 5/tn$$

$$Profit_t = -MAX(S_t - X; 0) + ce^{rt} = -USD 5 + USD 6e^{0,0011 \times \frac{57}{365}} = USD 1,00/tn$$

$$Precio\ final\ de\ venta\ en\ (t) = USD 204,30 + USD 1,00 = USD 205,30/tn$$

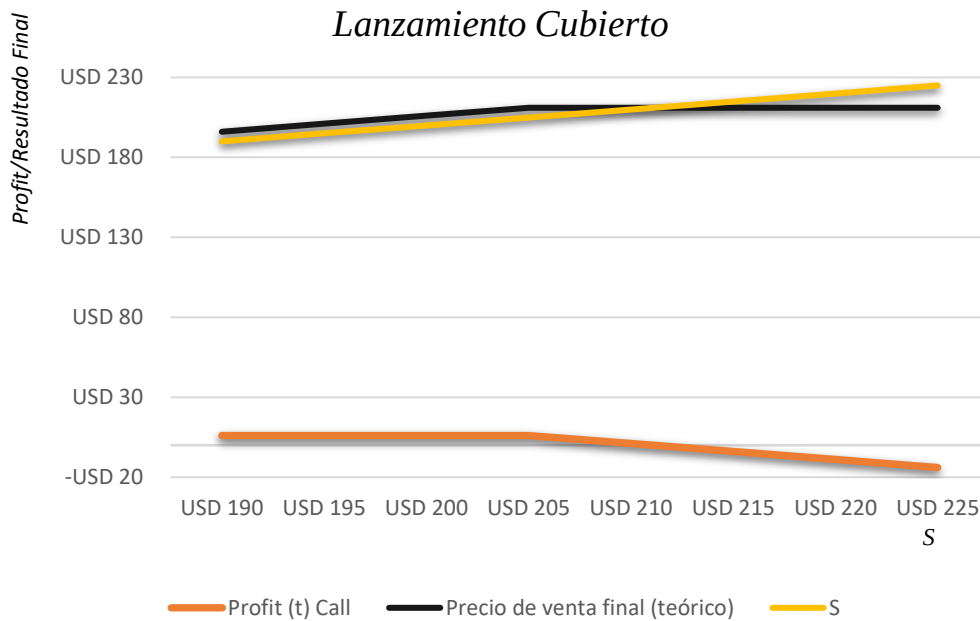
### Lanzamiento cubierto

| S          | X          | c (t)      | Payoff (t) Call | Profit (t) Call | Precio de venta final (teórico) |
|------------|------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|
| USD 190,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | USD -           | USD 6,00        | USD 196,00                      |
| USD 195,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | USD -           | USD 6,00        | USD 201,00                      |
| USD 200,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | USD -           | USD 6,00        | USD 206,00                      |
| USD 205,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | USD -           | USD 6,00        | USD 211,00                      |
| USD 210,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | -USD 5,00       | USD 1,00        | USD 211,00                      |
| USD 215,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | -USD 10,00      | -USD 4,00       | USD 211,00                      |
| USD 220,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | -USD 15,00      | -USD 9,00       | USD 211,00                      |
| USD 225,00 | USD 205,00 | USD 6,0010 | -USD 20,00      | -USD 14,00      | USD 211,00                      |

41

Fuente: elaboración propia.

<sup>41</sup> Notar que el precio final de venta (en el cuadro) es un precio teórico que supone convergencia perfecta de la base (igualdad entre el precio del futuro y el precio del maíz *spot*).



Fuente: elaboración propia.

#### 2.6.9.4. Covered put

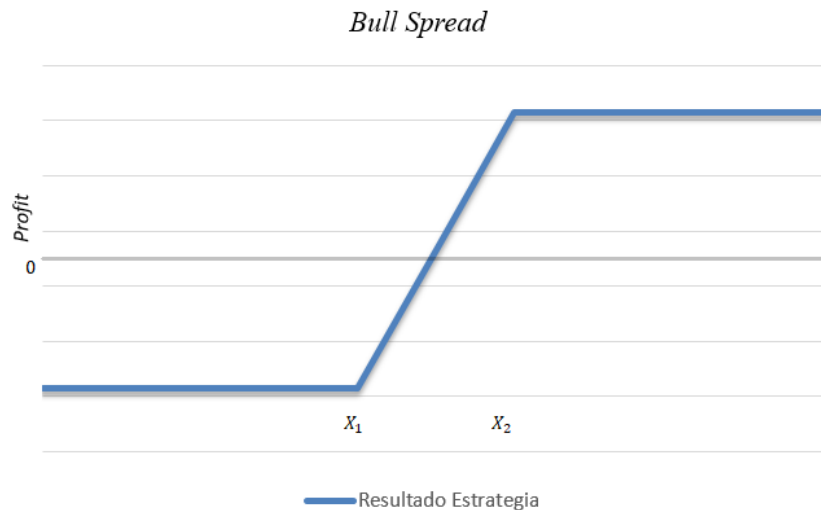
Es la estrategia análoga a la vista anteriormente. Esta consiste en tener una posición vendida en el activo subyacente y lanzar una *put* para obtener un flujo de fondo adicional dado por la prima. Al estar vendidos en la *put*, si el precio baja se tendrá una posición comprada en el subyacente. Pero esta pérdida será compensada por la venta del subyacente. Si, por el contrario, el precio sube, la *put* no será ejercida y se perderá por el subyacente vendido. La prima compensará esta pérdida. (Hull, 2009).

#### 2.6.9.5. Spreads

Hull (2009) define: “Una estrategia de negociación *spread* consiste en tomar una posición en dos o más opciones del mismo tipo (es decir, dos o más opciones de compra o dos o más opciones de venta)”. (pág. 231).

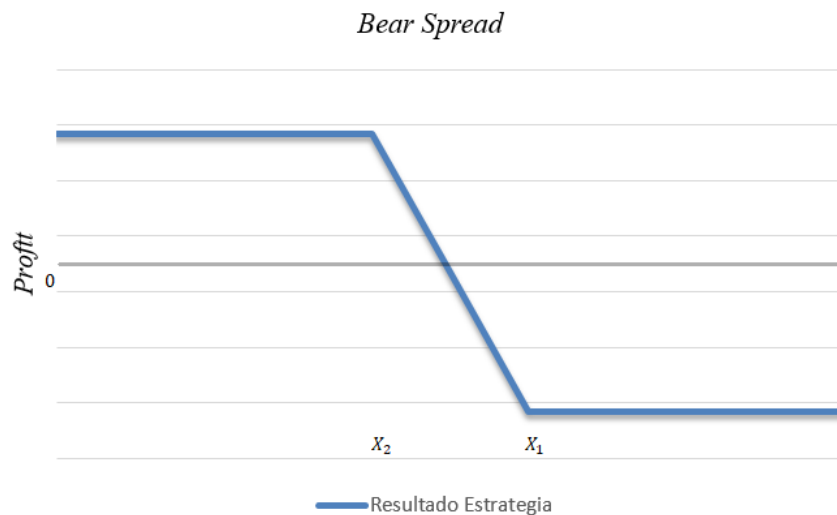
El *bull spread* es el más utilizado y consiste en adquirir una *call* a un determinado precio de ejercicio  $X_1$  y vender otra *call* (para financiar la compra de la  $c(X_1)$ ) con precio de ejercicio  $X_2$  tal que  $X_2 > X_1$  (ambas con misma fecha de vencimiento). (Hull, 2009). Se expresa el resultado de la combinación de manera gráfica:





Fuente: elaboración propia.

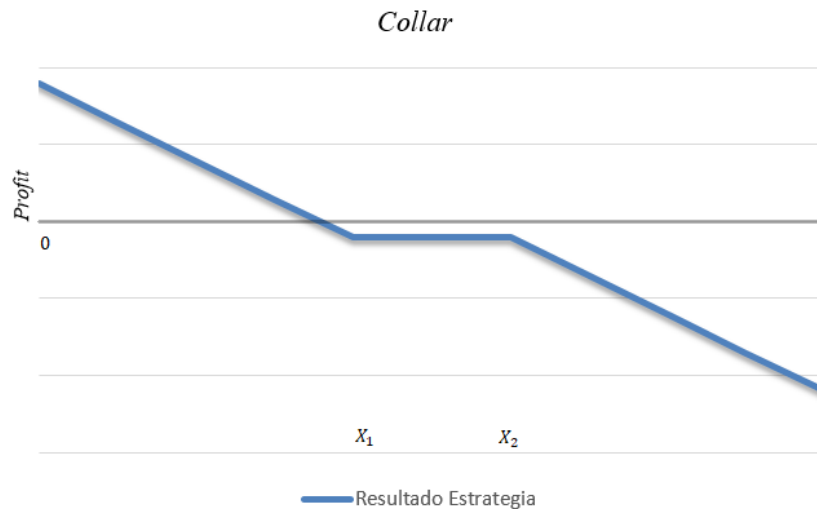
El *bear spread* es la estrategia análoga a la anterior y se logra comprando una *put* con precio de ejercicio  $X_1$  y vendiendo una *put* del mismo tipo para financiar la compra de  $\rho(X_1)$ , pero a un precio de ejercicio  $X_2$  tal que  $X_2 < X_1$ . (Hull, 2009). Gráficamente:



Fuente: elaboración propia.

#### 2.6.9.6. Collar

Esta estrategia consiste en la compra de una *put* con *strike*  $X_1$  y la venta de una *call* con un precio de ejercicio  $X_2$  tal que  $X_2 > X_1$ . Ambas opciones deben tener en mismo activo subyacente y el mismo tiempo al vencimiento. Se diferencia el futuro sintético en el hecho de que existe un rango de precios en el que el pago no se ve afectado por el cambio de precios.

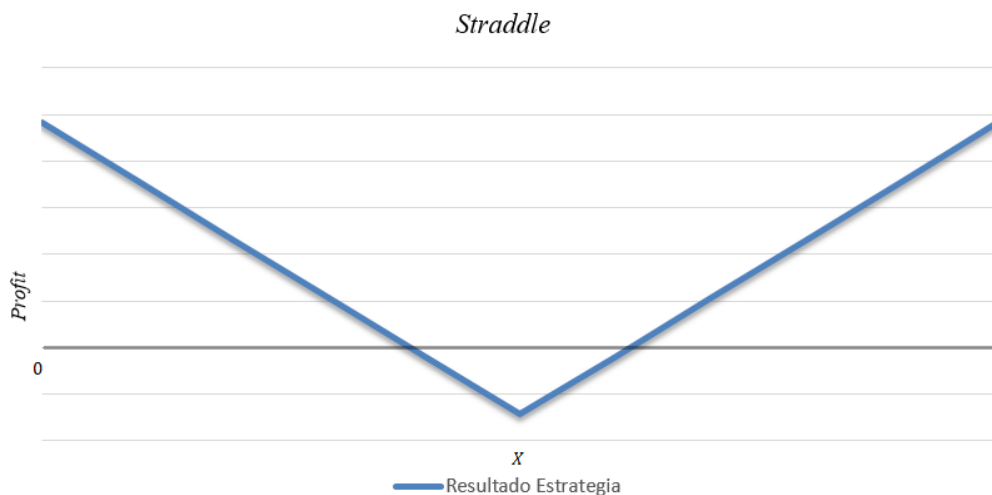


Fuente: elaboración propia.

El *collar* se puede utilizar como estrategia de cobertura, cuando se tiene el subyacente comprado. Entonces se compra la *put* y se lanza una *call* con *strike* superior para financiar la compra de la opción de venta.

#### 2.6.9.7. *Straddle* (Cono)

Es una estrategia orientada a “comprar volatilidad”. Se instrumenta adquiriendo una opción de compra y una opción de venta con idéntico precio de ejercicio e idéntico vencimiento. Esta combinación permite ganar tanto con bajas como con subas de precios, pero la desventaja es el costo, pues se están comprando dos opciones. Son necesarios movimientos fuertes en los precios para obtener beneficios (Hull, 2009). Gráficamente:



Fuente: elaboración propia.

De manera análoga, para “vender volatilidad”, se debe vender una *call* y una *put* con idéntico precio de ejercicio e idéntico vencimiento. Esta es una estrategia para aquel agente que espera que no haya demasiados sobresaltos en el mercado y que el precio se

mantenga estable, ganando las primas de ambas opciones. Claramente, el vendedor de volatilidad afronta un gran riesgo, ya que sus ganancias o pérdidas pueden ser muy considerables si no se cumple el pronóstico esperado. (Hull, 2009).

## 2.6.10. Valuación de opciones

### 2.6.10.1. Modelo de *Black-Scholes* para la valuación de opciones

En mayo de 1973 se publicó en el “*Journal of Political Economy*” de Chicago el paper “*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*” de los autores Fisher Black y Myron Scholes, donde se dio un avance importante en la modelización de valuación de opciones.

Hull (2009) afirma: “(...) Este modelo ha influido enormemente en la manera en la que los negociantes valúan y cubren las opciones; también ha sido fundamental para el crecimiento y éxito de la ingeniería financiera en los últimos 30 años (...)” (pág. 269).

El modelo Black-Scholes está pensado, en principio, para la valuación de opciones europeas sobre acciones. (Hull, 2009).

Supuestos (Black y Scholes, 1973):

- La tasa de interés de corto plazo es conocida y constante a través del tiempo.
- Los precios de las acciones se mueven de manera aleatoria en el tiempo continuo con una varianza proporcional al cuadrado del precio, y se comportan de acuerdo a una distribución normal. La varianza de los rendimientos de la acción es constante.
- La acción no paga dividendos.
- La opción es “europea” y sólo se puede ejercer al vencimiento.
- Inexistencia de costos de transacción en la compra/venta de acciones u opciones.
- Se puede prestar y pedir prestado a la tasa de interés de corto plazo libre de riesgo.
- El *short-selling*<sup>42</sup> está permitido y no tiene penalidad.

Notación:

- $c$ : precio de una opción de compra (prima).
- $\rho$ : precio de una opción de venta (prima).
- $S_0$ : precio del activo subyacente en el tiempo  $t = 0$ .
- $X$ : precio de ejercicio (*strike*).
- $r$ : tasa libre de riesgo.
- $T$ : tiempo al vencimiento de la opción.
- $t$ : tiempo intermedio antes del vencimiento de la opción.
- $\sigma$ : desvío estándar (volatilidad).
- $N(x)$ : función de distribución normal acumulada.

Black-Scholes demostraron que:

$$c = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

---

<sup>42</sup> Un *short-selling* o venta en corto consiste en vender un activo que no se tiene, mediante su alquiler a otro agente, esperando una baja en el precio y así obtener una ganancia mediante la recompra.

donde:

$$\begin{cases} d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \\ d_1 = d_2 + \sigma\sqrt{T} \end{cases}$$

De manera análoga, por la paridad *put-call* se obtiene:

$$\rho = -S_0 N(-d_1) - X e^{-rT} N(-d_2)$$

Donde:

$$\begin{cases} -d_2 = -\frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \\ -d_1 = -d_2 - \sigma\sqrt{T} \end{cases}$$

Así, se obtuvo un modelo de valuación de opciones europeas, tanto *call* como *put*, bajo los supuestos anteriormente citados.

(Hull, 2009).

## 2.6.10.2. Distribución normal de probabilidad

A continuación se hará un breve desarrollo teórico sobre la distribución de probabilidad normal estándar, aplicada en el modelo de valuación de Black-Scholes.

Sea  $x$  una variable aleatoria continua y  $f(x)$  la función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Con parámetros  $\mu$  (media) y  $\sigma$  (desvío estándar).

Se tiene la distribución normal  $N(\mu, \sigma)$ .

Para transformar el valor de la variable aleatoria  $x$  en su correspondiente valor  $Z$  de una distribución de probabilidad normal estándar se procede:

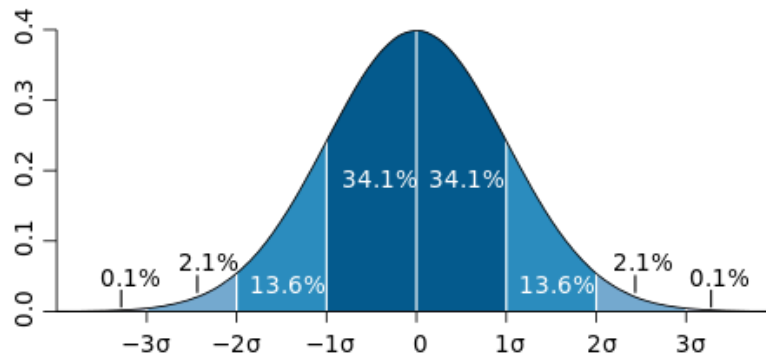
$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Así:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Con parámetros  $\mu = 0$  y  $\sigma = 1 \rightarrow N(0,1)$ .

*Distribución normal estándar*



Fuente: <http://blog.iwco.co>

La ecuación para obtener el área bajo la curva es:

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Esta es el área bajo la curva desde  $-\infty$  a  $x$ .

Por simetría:

$$N(x) + N(-x) = 1$$

Así:

$$N(-x) = 1 - N(x)$$

$N(x)$  es la función de distribución normal acumulada, es decir, la probabilidad de que un número aleatorio obtenido de una distribución normal estándar sea menor que  $x$ .

(Levin y Rubin, 1996).

### 2.6.10.3. Letras Griegas

Las letras griegas son funciones que cuantifican la sensibilidad del precio de una opción ante variaciones en los diferentes factores que intervienen en su valuación (de acuerdo al modelo de Black-Scholes), vistos anteriormente (precio del activo subyacente, el tiempo, la tasa de interés y la volatilidad).

Cuando un agente le vende una opción *OTC* a otro enfrenta el desafío de encontrar alguna forma de cubrir su posición para quedar neutral al riesgo. Si esta opción fuese objeto de negociación en un mercado institucionalizado, el agente puede comprar una opción idéntica y así quedar *hedgado*, pero fuera de los mercados institucionalizados, donde los contratos no son estandarizados, esta tarea es más difícil. (Hull, 2009).

En este esquema juegan un rol fundamental los “hacedores de mercado” o *market-makers* quienes en búsqueda de la maximización de sus resultados deciden cubrir las operaciones que realizan con opciones. El objetivo elemental es tomar una posición en el activo subyacente que deje su cartera de opciones neutral al riesgo.

Los *market-makers* generan liquidez en los mercados financieros, dando eficiencia a los mismos, comprando y vendiendo instrumentos a los agentes que lo requieran. El riesgo

que conllevan estas operaciones debe ser neutralizado, de lo contrario el *market-maker* quedaría con una posición descubierta.

Aquí se analizarán diferentes aspectos del riesgo de las opciones de compra *call* y se verá el modo de llegar a obtener posiciones neutrales al riesgo, mediante la utilización de lo que se conoce como “letras griegas”.

### 2.6.10.3.1. Delta

Puede definirse a la delta como la cantidad del activo subyacente que se necesita en el portfolio para replicar la opción. La delta mide la sensibilidad del precio de la opción ante un cambio en el precio del subyacente. (Hull, 2009).

$$\Delta = \frac{\partial c}{\partial S} = \frac{\partial c(S, X, \sigma, r, T)}{\partial S} = N(d_1)$$

Así, por ejemplo si la delta de una *call* es  $\Delta = 0.5$ , y si un agente (*market-maker*) decide venderla, para quedar *delta neutral* deberá comprar 0,5 unidades del activo subyacente.

Hull y White (2017) agregan: “Delta es por lejos el parámetro de cobertura más importante y afortunadamente es uno de los que más fácilmente se puede ajustar dado que sólo requiere una transacción con el activo subyacente” (pág. 180).

Para compras de *calls* la delta es positiva y para *puts* es negativa.

### 2.6.10.3.2. Gamma

La gamma mide el cambio de la delta cuando cambia el precio del activo subyacente. Si la gamma es pequeña, la delta varía de manera lenta y los ajustes para seguir teniendo una posición *delta neutral* son insignificantes. Sin embargo, cuando gamma es alta, la delta se vuelve muy sensible a la variación de precios del subyacente.

La gamma siempre es positiva.

$$\Gamma = \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{T-t}} = \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{S\sigma\sqrt{2\pi(T-t)}}$$

### 2.6.10.3.3. Theta

En general, las opciones se vuelven menos valiosas a medida que el tiempo al vencimiento disminuye. Así, theta muestra la variación del precio de la opción a medida que se acerca el vencimiento. (Hull, 2009).

$$\begin{aligned}\Theta &= \frac{\partial c}{\partial t} = - \left[ Xre^{-r(T-t)}N(d_2) + \frac{\sigma^2 S^2}{2} \Gamma \right] \\ &= - \left[ Xre^{-r(T-t)}N(d_2) + \frac{\sigma SN'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} \Gamma \right]\end{aligned}$$

La theta es siempre negativa.

#### 2.6.10.3.4. Vega

La vega mide el cambio en el precio de la opción debido a un cambio en la volatilidad del activo subyacente. Si vega tiene valores absolutos altos, la opción es más sensible a cambios en la volatilidad. (Hull, 2009).

La vega es la misma para *calls* y *puts*, y siempre  $v > 0$ .

$$v = \frac{\partial c}{\partial \sigma} = S_0 N'(d_1) \sqrt{T-t} > 0$$

#### 2.6.10.3.5. Rho

Es la derivada del precio de la opción respecto a la tasa libre de riesgo  $r$ . Mide el cambio en el precio de la opción que surge de una variación en la tasa de interés libre de riesgo. (Hull, 2009).

$$\rho = \frac{\partial c}{\partial r} = X(T-t)e^{-r(T-t)}N(d_2) > 0$$

Para *calls* rho es positiva y para *puts* negativa.

#### 2.6.10.3.6. Relación delta, gamma y theta

Black-Scholes demuestran que para una cartera de opciones de activos que no pagan dividendos:

$$dc \cong \Theta dt + \Delta dS + \frac{1}{2} \Gamma dS^2$$

Con esta fórmula se obtiene el nuevo precio de la opción partiendo del precio viejo. Sería, en esencia, una aproximación hoy de la variación del precio de la *call* ante un cambio en el precio del activo subyacente y teniendo en cuenta además el paso del tiempo.

Así:

$$Call_{(t+1)} = call_t + dc$$

El precio de la *call* en el futuro es igual al precio de la *call* hoy más  $dc$ .

### 3. Estrategias de cobertura en el mercado argentino

En esta sección se llevarán a cabo algunas aplicaciones prácticas para comprender la dinámica general del funcionamiento de los derivados agropecuarios en el mercado argentino.

En primer lugar, se analizarán determinadas estrategias de coberturas vendedoras dada la obtención de ratios óptimos de *hedge* en los mercados de *Chicago Board of Trade* y MATBA-ROFEX.

Luego, se estudiarán algunas operaciones combinadas con futuros que son habituales en el mercado argentino y que les permiten a los productores agropecuarios obtener condiciones comerciales que, de acuerdo a su expectativa de mercado, sean beneficiosas desde el punto de vista económico y logístico.

Finalmente, se observará empíricamente la forma en que los *market-makers* neutralizan sus posiciones abiertas en los mercados de opciones mediante la utilización del denominado *delta-hedging*.

#### 3.1. Cobertura de maíz con contratos de CBOT. Ratios óptimos

Se realizará aquí un análisis de riesgo del mercado de maíz para el período 2004-2020, y se verán cuáles son los ratios de cobertura óptimos para un productor argentino que desea *hedgearse* en la venta tomando al *Chicago Board of Trade* como mercado de cobertura.

Se tomará como muestra del precio *spot* del maíz a los precios de pizarra publicados por la Cámara Arbitral de Cereales de la Bolsa de Comercio de Rosario desde el 2 de enero del 2004 al 30 de diciembre de 2020 y los precios correlativos de maíz CBOT en la posición mayo para el mismo período, de manera diaria. En el caso de que no exista cotización de CBOT para algún día determinado, se tomará el cierre del día anterior. Los precios se expresan en *USD/tn*.

Además, se correrá una regresión lineal simple<sup>43</sup> para determinar la capacidad explicativa de la variación de los precios de CBOT sobre la variación de los precios locales.

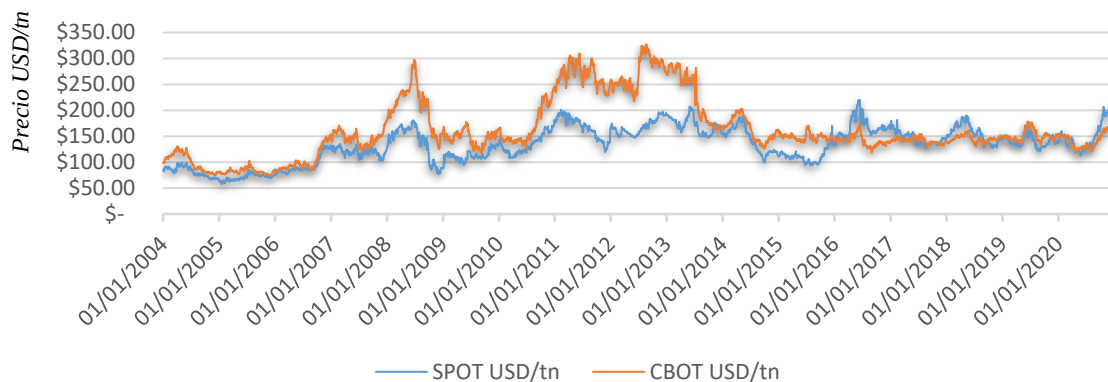
Se verán cuáles son los posibles riesgos derivados de cubrir posiciones con mercados cruzados, en los que los factores que determinan los precios pueden ser diferentes y que consiguientemente pueden afectar negativamente a la cobertura.

---

<sup>43</sup> Ver anexo.



### Precio maíz SPOT vs. precio maíz mayo CBOT (2004-2020)



Fuente: elaboración propia en base a datos de Investing.com y de la CAC.

Durante este período, en lo que refiere a la cotización de maíz en CBOT en su posición mayo se observó una media de *USD 160,96/tn* y un desvío estándar de *USD 56,51/tn*, lo que representa un 35% de volatilidad. En el caso del maíz *spot* se observó una media de *USD 133,40/tn* y un desvío estándar de *USD 34,80/tn*, lo que da una volatilidad del 26%. La cantidad de observaciones ascendió a  $n = 4093$ .

| <b>Maíz CBOT</b>           |                    | <b>Maíz SPOT</b>           |                    |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Media</b>               | <b>160,9558372</b> | <b>Media</b>               | <b>133,3986232</b> |
| Error típico               | 0,883310187        | Error típico               | 0,543932412        |
| Mediana                    | 146,65325          | Mediana                    | 135,4448844        |
| Moda                       | 146,161125         | Moda                       | 136,406397         |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>56,5111456</b>  | <b>Desviación estándar</b> | <b>34,79892364</b> |
| Varianza de la muestra     | 3193,509577        | Varianza de la muestra     | 1210,965086        |
| Curtosis                   | 0,350758094        | Curtosis                   | -0,742481525       |
| Coeficiente de asimetría   | 0,962052214        | Coeficiente de asimetría   | -0,172855413       |
| Rango                      | 253,9365           | Rango                      | 161,9947527        |
| Mínimo                     | 73,326625          | Mínimo                     | 57,78546713        |
| Máximo                     | 327,263125         | Máximo                     | 219,7802198        |
| Suma                       | 658792,2415        | Suma                       | 546000,5648        |
| Cuenta                     | 4093               | Cuenta                     | 4093               |

Siguiendo el modelo de cobertura cruzada de Hull (2009), se recuerda que el ratio de cobertura óptimo es:

$$h^* = \rho \frac{\sigma_S}{\sigma_F}$$

Y se sabe que el número óptimo de contratos a comprar o vender está determinado por:

$$N^* = \frac{h^* Q_A}{Q_F}$$

*Ratio de cobertura óptimo (Hull, 2009)*

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| Desvío estándar <i>SPOT</i> USD/ <i>tn</i> | 34,7989236 |
| Desvío estándar CBOT USD/ <i>tn</i>        | 56,5111456 |
| Covarianza                                 | 1425,4298  |
| Coefficiente de correlación                | 0,72484628 |
| $h^*$                                      | 0,45       |
| Ctos CBOT en <i>tn</i>                     | 127,01     |
| Ctos <i>SPOT</i> en <i>tn</i>              | 800        |
| $N^*$                                      | 2,8        |

Análogamente, siguiendo el esquema de Enderington (1979):

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{1425,4298}{56,5111^2} = 0,45$$

$\alpha$  es el ratio de cobertura óptimo. Se llega a la misma conclusión que con el modelo de Hull (2009).

A continuación, para profundizar el análisis, se correrá una regresión lineal simple en la que se podrá observar empíricamente la relación entre ambos mercados. Se notará además que la pendiente de la recta de regresión ajustada equivale al ratio óptimo de cobertura obtenido anteriormente.

El marco teórico de la regresión lineal simple se puede consultar en el anexo sobre el final del trabajo.

### 3.1.1. Regresión lineal simple (Maíz CBOT/Maíz SPOT)

| <i>Estadística de la regresión</i>          |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple         | 0,724846276 |
| Coeficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0,525402124 |
| R <sup>2</sup> ajustado                     | 0,525286114 |
| Error típico                                | 23,97627874 |
| Observaciones                               | 4093        |

#### *Análisis de variancia*

|           | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 2603508,927              | 2603508,927                      | 4528,92901 | 0                         |
| Residuos  | 4091                      | 2351760,207              | 574,8619425                      |            |                           |
| Total     | 4092                      | 4955269,134              |                                  |            |                           |

#### *Tabla de coeficientes*

|                  | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción     | 61,55564245         | 1,131416999         | 54,40579602          | 0                   | 59,33744961         | 63,77383529         | 59,33744961           | 63,77383529           |
| Precio maíz CBOT | 0,44635213          | 0,00663254          | 67,29731799          | 0                   | 0,433348744         | 0,459355516         | 0,433348744           | 0,459355516           |

## $R^2$

El análisis muestra que aproximadamente el 52,54% de la variación en el precio *spot* del maíz en el mercado local, esta explicada por la regresión en el precio del maíz en CBOT.

### Análisis de variancia (estadístico $F$ )

En el análisis de variancia se procede a realizar el test de hipótesis sobre el estadístico  $F$  para determinar la capacidad explicativa de la variable independiente sobre la dependiente, donde las hipótesis son las siguientes<sup>44</sup>:

$H_0$ ) → El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1$ ) → El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

Así, dado que  $p - value = 0 < 0,01$  en el análisis de variancia, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se determina que el modelo es un buen ajuste.

### Ecuación de la recta

Para determinar la ecuación de la recta de regresión:

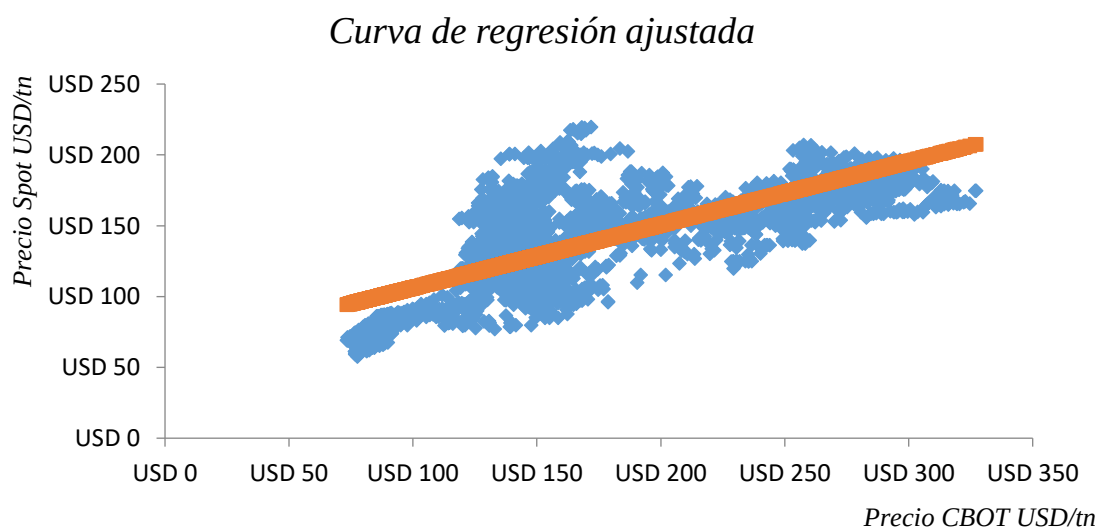
$$\hat{y}_i = a + b x_i$$

Donde  $x_i$  e  $\hat{y}_i$  son las variables en estudio,  $a$  la ordenada al origen y  $b$  es la pendiente de la recta, se reemplaza:

$$\hat{y}_i = 61,56 + 0,45 x_i$$

Donde  $\hat{y}_i$  es la variable dependiente estimada (precio maíz *spot*) y  $x_i$  la variable independiente (precio maíz CBOT). El parámetro  $b = 0,45$  indica que ante una variación del 1% en el precio CBOT, el precio de maíz *spot* variará 0,45% de manera positiva (esto es la pendiente de la recta y el ratio óptimo de cobertura).

Gráficamente:



<sup>44</sup> Ver anexo.

## Aplicación

Suponga que el 24/7/19 un productor argentino de la zona núcleo decidió cubrir la venta de 800 *tn* de maíz en cosecha para el mes de mayo de 2020. En ese momento el contrato de futuro mayo CBOT cotizó en *USD 166,93/tn* y el *spot USD 145,07/tn*. Así, dado el análisis precedente, y teniendo en cuenta que los contratos no se pueden fraccionar, vendió 3 contratos de futuros<sup>45</sup> de maíz mayo en CBOT a *USD 166,93/tn*.

Luego, ya en cosecha, el 5/5/2020, el productor canceló su posición cuando el futuro CBOT cotizaba en *USD 123,23/tn*. En ese momento el maíz *spot* cerró en *USD 122,01/tn*. A continuación se detallan los resultados:

| Maíz                                     |            |                         |                  |
|------------------------------------------|------------|-------------------------|------------------|
| <b>24/7/2019</b>                         |            | Volumen real a cubrir   |                  |
| Precio CBOT maíz mayo                    | USD 166,93 | Cantidad de ctos CBOT   | 3                |
| Precio SPOT maíz                         | USD 145,07 | Volumen vendido en CBOT | 381,03 <i>tn</i> |
| <b>5/5/2020</b>                          |            | Ganancia CBOT           |                  |
| Precio CBOT maíz mayo                    | USD 123,23 | Ganancia por <i>tn</i>  | USD 16.651,01    |
| Precio SPOT maíz                         | USD 122,01 |                         | USD 20,81        |
| <b>Precio final de venta al 5/5/2020</b> |            | Base al 24/7/2019       |                  |
| USD                                      | 142,82     |                         | -USD 21,86       |
|                                          |            | Base al 5/5/2020        | -USD 1,22        |

El riesgo de esta operación radica en que los precios en ambos mercados están dominados por factores que pueden diferir en uno y en otro. En resumen, estamos bajo dos precios FAS que se presentan en dos mercados diferentes. Sin embargo, ambos mercados presentan un cierto grado de correlación, lo que puede incentivar coberturas de algunos productores que esperan una mejor performance *hedgendo* posiciones con futuros de CBOT.

Además, se debe agregar que los ratios óptimos de cobertura están basados en información pasada, lo que no indica que necesariamente que la cobertura será eficiente en el futuro cercano.

En estos casos, el productor espera fundamentalmente un fortalecimiento de la base, es decir, una mayor baja en CBOT que en el mercado local *spot*. O una suba en el mercado local a costa de una baja en los precios de CBOT.

En el ejemplo, la cobertura resultó exitosa dado que:

$$Base (24/7/19) = USD 145,07 - USD 166,93 = -USD 21,86$$

$$Base (5/5/20) = USD 122,01 - USD 123,23 = -USD 1,22$$

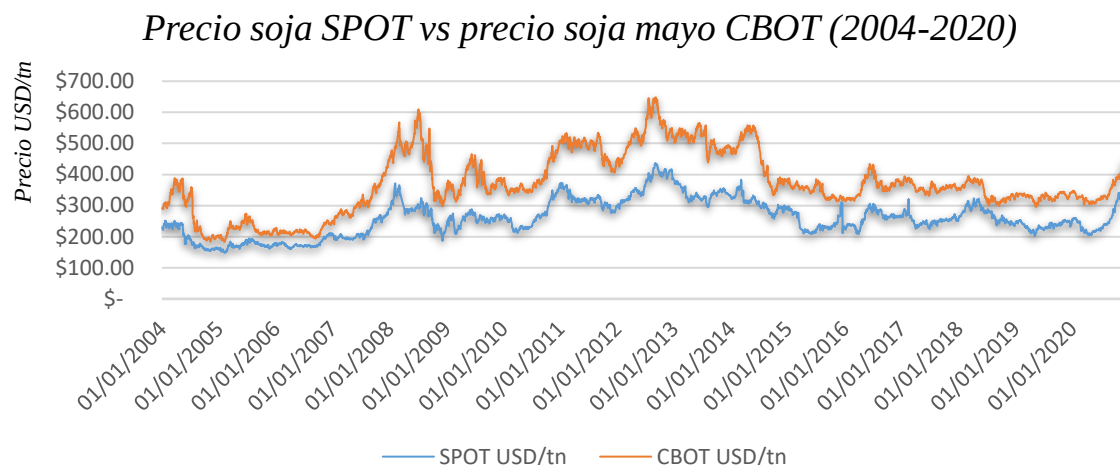
$$Base_{24/7/19} < Base_{5/5/20}$$

### 3.2. Cobertura de soja con contratos de CBOT. Ratios óptimos

<sup>45</sup> Los contratos de maíz de CBOT representan 127,01 *tn c/u*.

De la misma manera que se ha trabajado con los ratios de maíz, se hará un análisis sobre el mercado de soja también para el período 2004-2020, y se verán cuáles son los ratios de cobertura óptimos para un productor argentino que desea *hedgearse* en su precio de venta tomando a CBOT como mercado de cobertura.

Se tomará como precio *spot* de la soja a los precios de pizarra publicados por la Cámara Arbitral de Cereales de la Bolsa de Comercio de Rosario desde el 2 de enero del 2004 al 30 de diciembre de 2020 y los precios correlativos de la soja CBOT en la posición mayo para el mismo período.



*Fuente:* elaboración propia en base a datos de Investing.com y de la CAC.

Durante este período, para la soja CBOT se obtuvo una media de *USD 370,11/tn* y un desvío estándar de *USD 98,93/tn*, lo que representa un 27% de volatilidad. En la soja *spot* se observó una media de *USD 259,43/tn* y un desvío estándar de *USD 58,90/tn*, lo que da una volatilidad del 23%. La cantidad de observaciones fue de  $n = 4112$ .

| <b>Soja CBOT</b>           |                    | <b>Soja SPOT</b>           |                    |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Media</b>               | <b>370,1111377</b> | <b>Media</b>               | <b>259,4316484</b> |
| Error típico               | 1,542799073        | Error típico               | 0,918479546        |
| Mediana                    | 356,769281         | Mediana                    | 253,7157713        |
| Moda                       | 330,2926           | Moda                       | 227,2727273        |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>98,93180261</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>58,89738898</b> |
| Varianza de la muestra     | 9787,501569        | Varianza de la muestra     | 3468,902429        |
| Curtosis                   | -0,417258595       | Curtosis                   | -0,300574636       |
| Coeficiente de asimetría   | 0,290251005        | Coeficiente de asimetría   | 0,330827993        |
| Rango                      | 464,85285          | Rango                      | 287,9821906        |
| Mínimo                     | 183,5163           | Mínimo                     | 148,1210856        |
| Máximo                     | 648,36915          | Máximo                     | 436,1032762        |
| Suma                       | 1521896,998        | Suma                       | 1066782,938        |
| Cuenta                     | 4112               | Cuenta                     | 4112               |

*Ratio de cobertura óptimo (Hull, 2009)*

|                                            |             |
|--------------------------------------------|-------------|
| Desvío estándar <i>SPOT</i> USD/ <i>tn</i> | 58,89738898 |
| Desvío estándar CBOT USD/ <i>tn</i>        | 98,93180261 |
| Covarianza                                 | 5456,704418 |
| Coeficiente de correlación                 | 0,936479909 |
| $h^*$                                      | 0,56        |
| Ctos CBOT en <i>tn</i>                     | 136,08      |
| Ctos <i>SPOT</i> en <i>tn</i>              | 1500        |
| $N^*$                                      | 6,1         |

Siguiendo el esquema de Enderington (1979):

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{5456,7044}{98,9318^2} = 0,56$$

$\alpha$  es el ratio de cobertura óptimo.

A continuación se observan las estadísticas de la regresión lineal simple corrida sobre las variables en estudio.

### 3.2.1. Regresión lineal simple (Soja CBOT/Soja SPOT)

| <i>Estadísticas de la regresión</i>          |             |
|----------------------------------------------|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0,936479909 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0,876994621 |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0,876964692 |
| Error típico                                 | 20,65907737 |
| Observaciones                                | 4112        |

#### *Análisis de variancia*

|           | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 12506520,25              | 12506520,25                      | 29303,1728 | 0                         |
| Residuos  | 4110                      | 1754137,634              | 426,7974778                      |            |                           |
| Total     | 4111                      | 14260657,89              |                                  |            |                           |

#### *Tabla de los coeficientes*

|                  | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción     | 53,08817392         | 1,247716808         | 42,54825579          | 0                   | 50,64197353         | 55,5343743          | 50,64197353           | 55,53437431           |
| Precio soja CBOT | 0,557517603         | 0,003256876         | 171,1816954          | 0                   | 0,551132363         | 0,56390284          | 0,551132363           | 0,563902844           |



## $R^2$

El análisis muestra que aproximadamente el 87,70% de la variación en el precio *spot* de la soja en el mercado local, esta explicada por la regresión en el precio de la soja en CBOT.

### Análisis de variancia (estadístico $F$ )

Se plantean nuevamente las hipótesis:

$H_0$ ) → El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1$ ) → El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

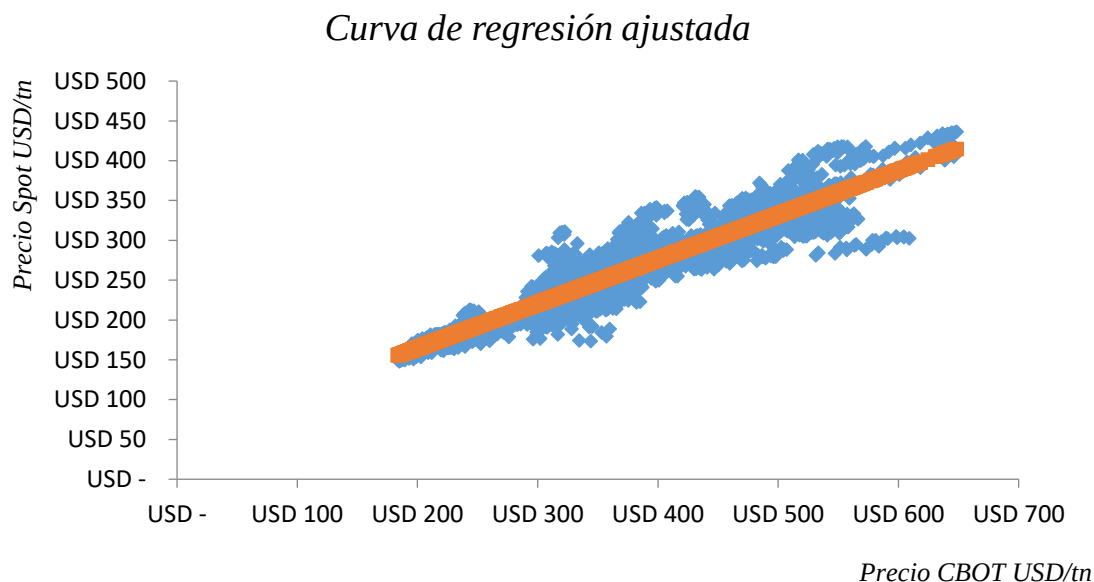
Así, dado que  $p - value = 0 < 0,01$  en el análisis de variancia, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se determina que el modelo es un buen ajuste.

### Ecuación de la recta

$$\hat{y}_i = 53,09 + 0,56 x_i$$

Donde  $\hat{y}_i$  es la variable dependiente estimada (precio soja *spot*) y  $x_i$  la variable independiente (precio soja CBOT). El parámetro  $b = 0,56$  indica que ante una variación del 1% en el precio CBOT, el precio de la soja *spot* variará 0,56% de manera positiva (es la pendiente de la recta de regresión y el ratio de cobertura óptimo).

Gráficamente:



## Aplicación

Suponga que el 24/7/19 un productor argentino de la zona del sur de Santa Fe decidió cubrir la venta de 1.500 *tn* de soja en cosecha para el mes de mayo de 2020. En ese momento el contrato de futuro mayo CBOT cotizó en *USD 333,14/tn* y el *spot USD 230,14/tn*. Teniendo en cuenta que los contratos de futuros no se pueden fraccionar, vendió 6 contratos de futuros<sup>46</sup> de soja mayo en CBOT a *USD 333,14/tn*.

Luego, ya en cosecha, el 5/5/2020, el productor canceló su posición cuando el futuro CBOT cotizaba en *USD 308,48/tn*. En ese momento la soja *spot* cerró en *USD 211,83/tn*. Los resultados de la cobertura se exponen a continuación:

| Soja                                     |     |                  |  |
|------------------------------------------|-----|------------------|--|
| <b>24/7/2019</b>                         |     |                  |  |
| Precio CBOT soja mayo                    | USD | 333,14           |  |
| Precio SPOT soja                         | USD | 230,14           |  |
|                                          |     |                  |  |
| Volumen real a cubrir                    |     | 1500 <i>tn</i>   |  |
| Cantidad de ctos CBOT                    |     | 6                |  |
| Volumen vendido en CBOT                  |     | 816,48 <i>tn</i> |  |
| <b>5/5/2020</b>                          |     |                  |  |
| Precio CBOT soja mayo                    | USD | 308,48           |  |
| Precio SPOT soja                         | USD | 211,83           |  |
|                                          |     |                  |  |
| Ganancia CBOT                            |     | USD 20.134,40    |  |
| Ganancia por <i>tn</i>                   |     | USD 13,42        |  |
|                                          |     |                  |  |
| <b>Precio final de venta al 5/5/2020</b> |     |                  |  |
| USD                                      |     | 225,25           |  |
|                                          |     |                  |  |
| Base al 24/7/2019                        |     | -USD 103,00      |  |
| Base al 5/5/2020                         |     | -USD 96,65       |  |

Nuevamente, se concluye que el riesgo de esta operación está en que ambos mercados no se comportaron de manera simétrica y el análisis pasado que se realiza para determinar los ratios de coberturas óptimos, no necesariamente serán eficientes en el futuro. No obstante, como ya se mencionó, ambos mercados presentan un alto grado de correlación, lo que puede incentivar coberturas de algunos productores u operadores que esperan una mejor performance *hedgeando* posiciones con estos contratos.

En estos casos, como ya se resaltó, el productor espera fundamentalmente un fortalecimiento de la base.

En el ejemplo, se observó un pequeño fortalecimiento de la base, lo que generó una buena performance en la cobertura:

$$Base (24/7/19) = USD 230,14 - USD 333,14 = -USD 103$$

$$Base (5/5/20) = USD 211,83 - USD 308,48 = -USD 96,65$$

$$Base_{24/7/19} < Base_{5/5/20}$$

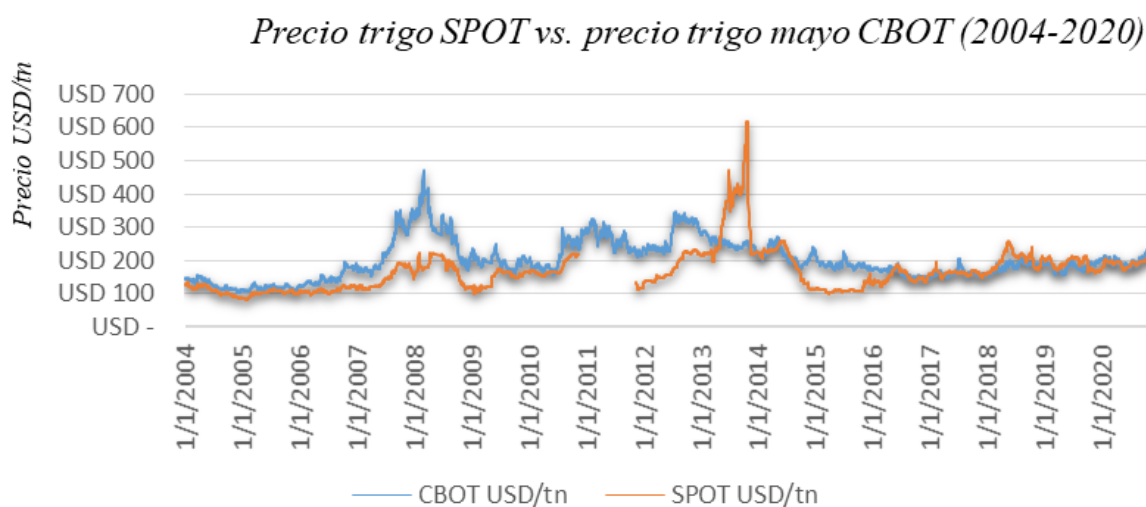
<sup>46</sup> Los contratos de soja de CBOT representan 136,08 *tn*.

### 3.3. Cobertura de trigo con contratos de CBOT. Ratios óptimos

En este caso se tomará como muestra del precio *spot* del trigo a los precios de pizarra publicados por la Cámara Arbitral de Cereales desde el 2 de enero del 2004 al 30 de diciembre de 2020 y los precios correlativos del trigo CBOT en la posición mayo para el mismo período.

Es importante realizar la salvedad de que el mercado de trigo es un mercado que históricamente ha sido objeto de intervenciones y que su precio puede tener cierta disociación del mercado internacional. En especial, desde el año 2008 con la oficialización de los cupos de exportación con la resolución 543/2008 de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONNCA), cuando se impusieron restricciones cuantitativas (ROE<sup>47</sup> verde) a las exportaciones de trigo, con el fin de lograr el autoabastecimiento del mismo (esto duró hasta el año 2015). En realidad estas restricciones habían comenzado en marzo de 2006, cuando las autoridades decidieron cerrar el registro de exportaciones por un elevado nivel de declaraciones. (López Lecube, 2013).

Durante el lapso de tiempo que va desde el 18/11/10 hasta el 10/11/2011, no hubo cotización oficial de trigo *spot*, por lo que el análisis se realizará sobre los restantes precios *spot* oficiales disponibles.



*Fuente:* elaboración propia en base a datos de Investing.com y de la CAC.

Aquí, para el caso del trigo en CBOT (posición mayo) se observó una media de *USD 194,62/tn* y un desvío estándar de *USD 55,30/tn*, lo que representa un 28% de volatilidad. En el trigo *spot* se observó una media de *USD 166,63/tn* y un desvío estándar de *USD 62,62/tn*, lo que resulta en una volatilidad del 38%. La muestra fue de  $n = 3801$ .

<sup>47</sup> El ROE verde es el registro de Declaraciones Juradas de Ventas al Exterior de productos agrícolas.

| <i>Trigo CBOT</i>          |                    | <i>Trigo SPOT</i>          |                    |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Media</b>               | <b>194,6208563</b> | <b>Media</b>               | <b>166,627637</b>  |
| Error típico               | 0,896976242        | Error típico               | 1,015759541        |
| Mediana                    | 185,860312         | Mediana                    | 162,1760328        |
| Moda                       | 189,67025          | Moda                       | 200                |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>55,30060405</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>62,62386174</b> |
| Varianza de la muestra     | 3058,156808        | Varianza de la muestra     | 3921,748059        |
| Curtosis                   | 1,056853886        | Curtosis                   | 9,724327034        |
| Coefficiente de asimetría  | 0,952655785        | Coefficiente de asimetría  | 2,342705995        |
| Rango                      | 366,1141           | Rango                      | 538,6767367        |
| Mínimo                     | 104,1579           | Mínimo                     | 79,66747489        |
| Máximo                     | 470,272            | Máximo                     | 618,3442116        |
| Suma                       | 739753,8746        | Suma                       | 633351,6482        |
| Cuenta                     | 3801               | Cuenta                     | 3801               |

*Ratio de cobertura óptimo (Hull, 2009)*

|                                            |             |
|--------------------------------------------|-------------|
| Desvío estándar <i>SPOT</i> USD/ <i>tn</i> | 62,6238617  |
| Desvío estándar <i>CBOT</i> USD/ <i>tn</i> | 55,300604   |
| Covarianza                                 | 1779,92228  |
| Coefficiente de correlación                | 0,51396236  |
| <b><i>h</i>*</b>                           | <b>0,58</b> |
| Ctos <i>CBOT</i> en <i>tn</i>              | 136,08      |
| Ctos <i>SPOT</i> en <i>tn</i>              | 300         |
| <b><i>N</i>*</b>                           | <b>1,3</b>  |

Siguiendo el esquema de Enderington (1979):

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{1779,9222}{55,3006^2} = 0,58$$

$\alpha$  es el ratio de cobertura óptimo.

Se observa a continuación el análisis de regresión sobre las variables observadas.

### 3.3.1. Regresión lineal simple (Trigo CBOT/Trigo SPOT)

| <i>Estadísticas de la regresión</i>         |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple         | 0,513962365 |
| Coeficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0,264157312 |
| R <sup>2</sup> ajustado                     | 0,263963619 |
| Error típico                                | 53,72661585 |
| Observaciones                               | 3801        |

#### *Análisis de Variancia*

|           | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 3936642,022              | 3936642,022                      | 1363,78827 | 2,285E-255                |
| Residuos  | 3799                      | 10966000,6               | 2886,549251                      |            |                           |
| Total     | 3800                      | 14902642,62              |                                  |            |                           |

#### *Tabla de los coeficientes*

|                   | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción      | 53,35352465         | 3,188696953         | 16,73207754          | 1,08374E-60         | 47,10180167         | 59,60524763         | 47,10180167           | 59,60524763           |
| Precio trigo CBOT | 0,58202453          | 0,015760421         | 36,92950412          | 2,285E-255          | 0,551124828         | 0,612924232         | 0,551124828           | 0,612924232           |

## $R^2$

El análisis muestra que aproximadamente el 26,41% de la variación en el precio *spot* del trigo en el mercado local, esta explicada por la regresión en el precio del trigo en CBOT.

Además, se debe resaltar aquí que el trigo es un bien cuya producción está más descentralizada<sup>48</sup> que en el caso del maíz y la soja, lo que lo hace que su valor sea menos sensible de las cotizaciones en CBOT.

### Análisis de variancia (estadístico $F$ )

Se plantean las hipótesis:

$H_0$ ) → El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1$ ) → El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

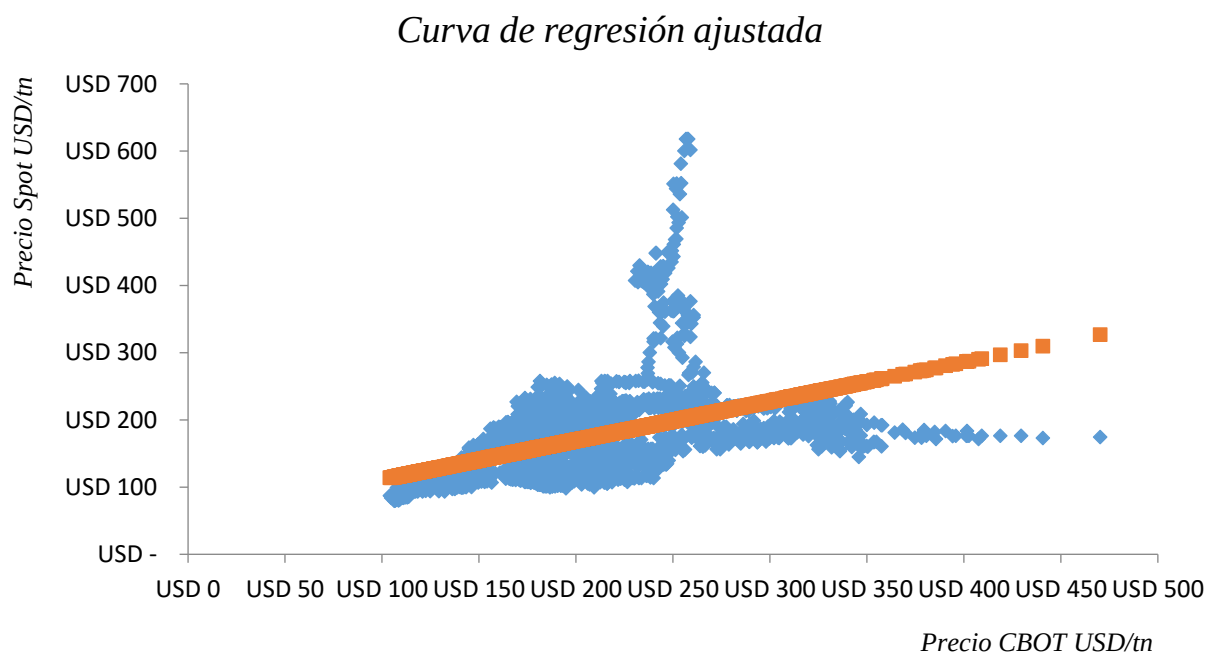
Así, dado que  $p - value \approx 0 < 0,01$  en el análisis de variancia, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se determina que el modelo es un buen ajuste.

### Ecuación de la recta

$$\hat{y}_i = 53,35 + 0,58 x_i$$

Donde  $\hat{y}_i$  es la variable dependiente estimada (precio trigo *spot*) y  $x_i$  la variable independiente (precio trigo CBOT). El parámetro  $b = 0,58$  indica que ante una variación del 1% en el precio CBOT, el precio del trigo *spot* variará 0,58% de manera positiva (es la pendiente de la recta de regresión y el ratio de cobertura óptimo).

Gráficamente:



<sup>48</sup> Los principales productores de trigo son la Unión Europea (150 mill *tn*), China (130 mill *tn*), India (98 mill *tn*), Rusia (85 mill *tn*), EEUU (47 mill *tn*).

## Aplicación

Suponga que el 24/7/19 un productor argentino del sur de Buenos Aires decidió cubrir la venta de 300 *tn* de trigo en cosecha utilizando el futuro de trigo CBOT mayo de 2020. En ese momento el contrato de futuro mayo CBOT cotizó en *USD 182,6/tn* y el *spot USD 208,58/tn*. Así, vendió 1 contrato<sup>49</sup> de futuro de trigo mayo en CBOT a *US\$ 182,6/tn*.

Luego, el 16/12/2019, el productor decidió cancelar su posición cuando el futuro CBOT cotizaba en *USD 201,79/tn*. En ese momento el trigo *spot* cerró en *USD 166,9/tn*. A continuación se detallan los resultados:

Trigo

|                        |     |        |
|------------------------|-----|--------|
| 24/7/2019              |     |        |
| Precio CBOT trigo mayo | USD | 182,60 |
| Precio SPOT trigo      | USD | 208,58 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| Volumen real a cubrir   | 300 tn    |
| Cantidad de ctos CBOT   | 1         |
| Volumen vendido en CBOT | 136,08 tn |

|                        |     |        |
|------------------------|-----|--------|
| 16/12/2019             |     |        |
| Precio CBOT trigo mayo | USD | 201,79 |
| Precio SPOT trigo      | USD | 166,90 |

|                |      |          |
|----------------|------|----------|
| Pérdida CBOT   | -USD | 2.611,38 |
| Pérdida por tn | -USD | 8,70     |

|                                     |  |        |
|-------------------------------------|--|--------|
| Precio final de venta al 16/12/2019 |  |        |
| USD                                 |  | 158,20 |

|                    |      |       |
|--------------------|------|-------|
| Base al 24/7/2019  | USD  | 25,98 |
| Base al 16/12/2020 | -USD | 34,89 |

Se observa claramente el conflicto derivado de cubrir posiciones en mercados diferentes, para los cuáles los ratios de cobertura óptimos basados en precios históricos no siempre son eficientes en el futuro. Aquí se suma que estos dos mercados poseen muy poca correlación, lo que genera una cobertura parcial, con cierto grado de especulación.

En este caso, el gran debilitamiento de la base alteró la *performance* de la estrategia de cobertura del *hedger*.

$$Base (24/7/19) = USD 208,58 - USD 182,60 = +USD 25,98$$

$$Base (16/12/19) = USD 166,90 - USD 201,79 = -USD 34,89$$

$$Base_{24/7/19} > Base_{16/12/19}$$

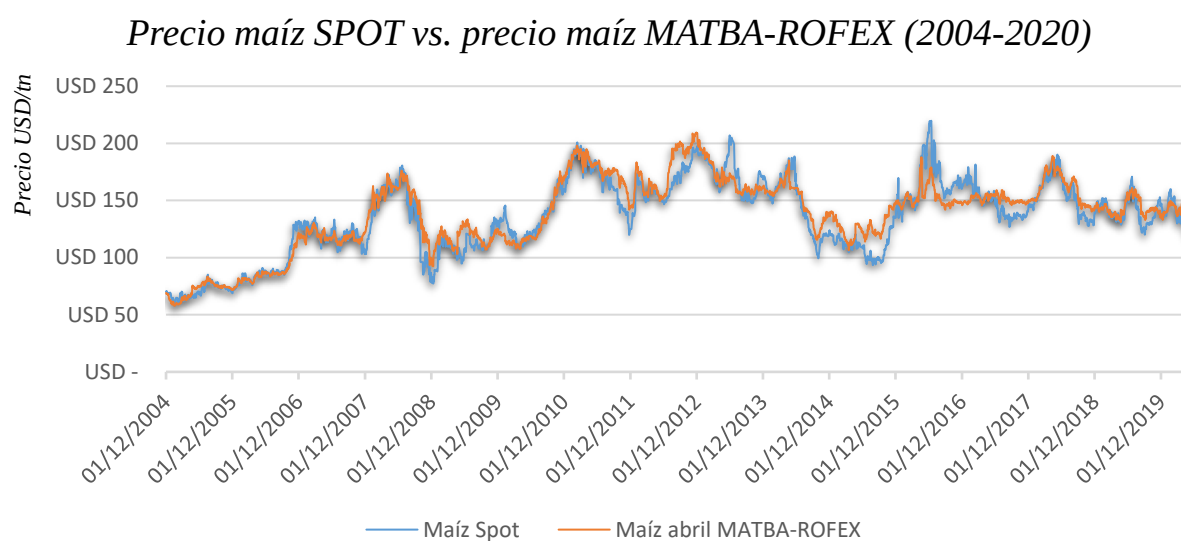
<sup>49</sup> Los contratos de trigo en CBOT representan 136,08 *tn*

### 3.4. Cobertura de maíz con contratos de MATBA-ROFEX. Ratios óptimos

Se llevará a cabo aquí un análisis análogo al anterior pero en este apartado el mercado de cobertura será MATBA-ROFEX.

Se tomará nuevamente como precio *spot* del maíz a los precios de pizarra publicados por la CAC desde el 1 de diciembre de 2004 al 23 de abril de 2020 y los precios correlativos del maíz MATBA-ROFEX en la posición abril para el mismo período.

Desde el punto de vista teórico se espera que el ratio de cobertura sea cercano a 1, dado que ambos mercados están dominados por los mismos factores, lo que indicaría, por lo menos a priori, una mejor *performance* de la cobertura que en el caso de los contratos de CBOT.



*Fuente:* elaboración propia en base a datos de <http://datacenter.matba.com> y la CAC.

Para el caso del maíz en MATBA-ROFEX (posición abril) se observó una media de *USD 138,33/tn* y un desvío estándar de *USD 32,08/tn*, lo que da un 23% de volatilidad. En el maíz *spot* se observó una media de *USD 135,60/tn* y un desvío estándar de *USD 33,20/tn*, lo que representa una volatilidad del 24%. La cantidad de observaciones fue de  $n = 3783$ .



| <i>Maíz MATBA-ROFEX</i>    |                    | <i>Maíz SPOT</i>           |                    |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Media</b>               | <b>138,3348929</b> | <b>Media</b>               | <b>135,601557</b>  |
| Error típico               | 0,521653264        | Error típico               | 0,539823346        |
| Mediana                    | 145                | Mediana                    | 137,47             |
| Moda                       | 161                | Moda                       | 163,56             |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>32,0848564</b>  | <b>Desviación estándar</b> | <b>33,20242719</b> |
| Varianza de la muestra     | 1029,43801         | Varianza de la muestra     | 1102,401172        |
| Curtosis                   | -0,216472994       | Curtosis                   | -0,55488182        |
| Coeficiente de asimetría   | -0,47908619        | Coeficiente de asimetría   | -0,281017433       |
| Rango                      | 151,7              | Rango                      | 161,99             |
| Mínimo                     | 57,8               | Mínimo                     | 57,79              |
| Máximo                     | 209,5              | Máximo                     | 219,78             |
| Suma                       | 523320,9           | Suma                       | 512980,69          |
| Cuenta                     | 3783               | Cuenta                     | 3783               |

*Ratio de cobertura óptimo (Hull, 2009)*

|                                            |             |
|--------------------------------------------|-------------|
| Desvío estándar <i>SPOT</i> USD/ <i>tn</i> | 33,20242719 |
| Desvío estándar MATBA-ROFEX USD/ <i>tn</i> | 32,0848564  |
| Covarianza                                 | 998,8811389 |
| Coeficiente de correlación                 | 0,93765674  |
| <b><i>h</i>*</b>                           | <b>0,97</b> |
| Ctos MATBA-ROFEX en <i>tn</i>              | 100         |
| Ctos <i>SPOT</i> en <i>tn</i>              | 500         |
| <b><i>N</i>*</b>                           | <b>4,9</b>  |

De acuerdo a Enderington (1979):

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{998,881139}{32,0848564^2} = 0,97$$

$\alpha$  es el ratio de cobertura óptimo.

Se demuestra así la hipótesis de que el ratio de cobertura óptimo debiera ser cercano a 1.

Se analizarán a continuación, como en el caso de las coberturas vendedoras con CBOT, los datos de la regresión lineal simple corrida sobre las variables que intervienen en el estudio.

### 3.4.1. Regresión lineal simple (Maíz MATBA-ROFEX/Maíz SPOT)

| <i>Estadísticas de la regresión</i>         |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple         | 0,93765674  |
| Coeficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0,879200163 |
| R <sup>2</sup> ajustado                     | 0,879168213 |
| Error típico                                | 11,54145152 |
| Observaciones                               | 3783        |

#### *Análisis de Variancia*

|           | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 3665632,736              | 3665632,736                      | 27518,71 | 0                         |
| Residuos  | 3781                      | 503648,4949              | 133,2051031                      |          |                           |
| Total     | 3782                      | 4169281,231              |                                  |          |                           |

#### *Tabla de los coeficientes*

|                         | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción            | 1,372867074         | 0,830627512         | 1,652807129          | 0,098453147         | -0,25565425         | 3,0013884           | -0,25565425           | 3,001388399           |
| Precio maíz MATBA-ROFEX | 0,970316939         | 0,005849242         | 165,8876457          | 0                   | 0,958848965         | 0,98178491          | 0,958848965           | 0,981784913           |

## $R^2$

El análisis muestra que aproximadamente el 87,92% de la variación en el precio *spot* del maíz, esta explicada por la regresión en el precio del maíz en MATBA-ROFEX.

### Análisis de variancia (estadístico $F$ )

Se plantean las hipótesis:

$H_0$ ) → El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1$ ) → El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

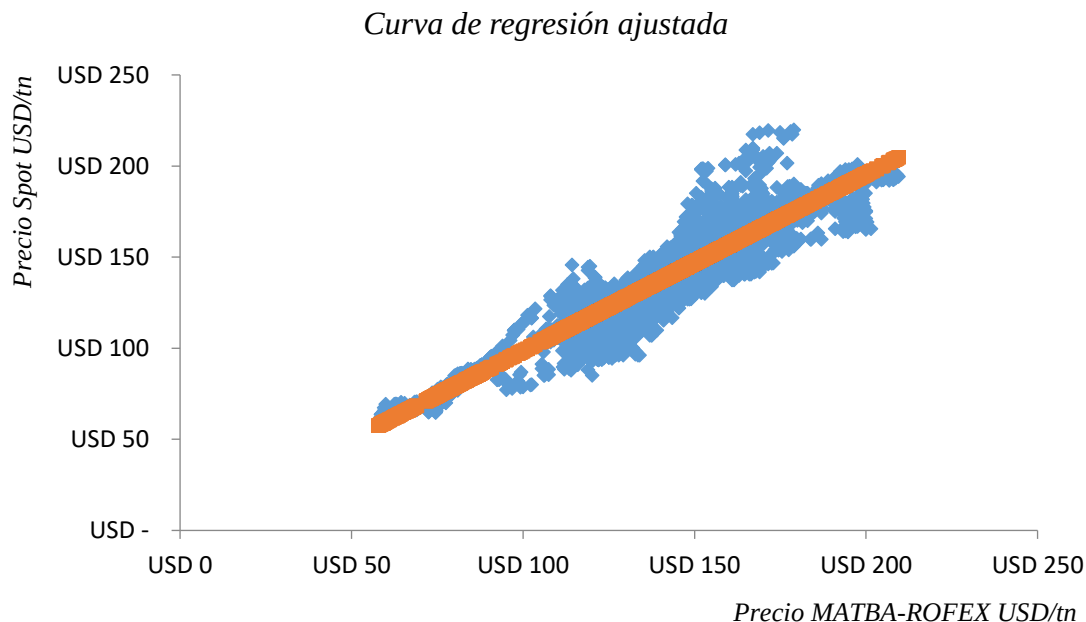
Así, dado que  $p - value = 0 < 0,01$  en el análisis de variancia, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se determina que el modelo es un buen ajuste.

### Ecuación de la recta

$$\hat{y}_i = 1,37 + 0,97 x_i$$

Donde  $\hat{y}_i$  es la variable dependiente estimada (precio maíz *spot*) y  $x_i$  la variable independiente (precio maíz MATBA-ROFEX). El parámetro  $b = 0,97$  indica que ante una variación del 1% en el precio MATBA-ROFEX, el precio del maíz *spot* variará 0,97% de manera positiva (esto es la pendiente de la recta de regresión y el ratio óptimo de cobertura).

Gráficamente:



## Aplicación

El día 24/7/19 un productor argentino decidió cubrir la venta de 500 *tn* de maíz en cosecha (abril) utilizando el futuro de maíz MATBA-ROFEX abril de 2020 (MAI.ROSAbr20). En ese momento el contrato de futuro cotizó en *USD* 153,50/*tn* y el *spot* *USD* 145,07/*tn*. Teniendo en cuenta nuevamente que los contratos futuros no se pueden parcializar, vendió 5 contratos de futuros de maíz abril en MATBA-ROFEX a *USD* 153,50/*tn*.

Luego, el 12/3/2020, el productor canceló su posición cuando el futuro MATBA-ROFEX cotizaba en *USD* 142,5/*tn*. En ese momento el maíz *spot* cerró en *USD* 136,06/*tn*. A continuación se detallan los resultados:

| Maíz                               |     |        |          |
|------------------------------------|-----|--------|----------|
| 24/7/2019                          |     |        |          |
| Precio MATBA-ROFEX maíz abril      | USD | 153,50 |          |
| Precio SPOT maíz                   | USD | 145,07 |          |
| Volumen real a cubrir              |     |        | 500 tn   |
| Cantidad de ctos MATBA-ROFEX       |     |        | 5        |
| Volumen vendido en MATBA-ROFEX     |     |        | 500 tn   |
| 12/3/2020                          |     |        |          |
| Precio MATBA-ROFEX maíz abril      | USD | 142,50 |          |
| Precio SPOT maíz                   | USD | 136,06 |          |
| Ganancia MATBA-ROFEX               |     | USD    | 5.500,00 |
| Ganancia por tn                    |     | USD    | 11,00    |
| Precio final de venta al 12/3/2020 |     |        |          |
| USD                                |     | 147,06 |          |
| Base al 24/7/2019                  |     | -USD   | 8,43     |
| Base al 12/3/2020                  |     | -USD   | 6,44     |

En este caso el maíz *spot* cayó *USD* 9,01/*tn*, mientras que MATBA-ROFEX lo hizo en *USD* 11/*tn*, lo que deja una ganancia por tonelada en futuros (dado el ratio de cobertura) de:

$$USD\ 153,5 - USD\ 142,50 = USD\ 11/tn$$

Esto dejó un precio final efectivo de venta de:

$$USD\ 11 + USD\ 136,06 = USD\ 147,06$$

Hay que tener en cuenta que como el contrato de futuros se cancela antes del vencimiento, la convergencia del *spot* y el futuro está lejos de darse, a pesar de que se observa un pequeño fortalecimiento de la base desde el 24/7/2019 al 12/3/2020.

En esencia, haciendo un análisis teórico *ex-post* y suponiendo que los contratos puedan ser fraccionados, se hubiesen necesitado 7,93 contratos de futuros de MATBA-ROFEX (792,72 *tn*) para lograr el precio objetivo de *USD* 153,50/*tn* al 12/3/2020:

**Ratio óptimo (análisis ex-post)**

| <b>24/7/2019</b>              |     |        |  |
|-------------------------------|-----|--------|--|
| Precio MATBA-ROFEX maíz abril | USD | 153,50 |  |
| Precio SPOT maíz              | USD | 145,07 |  |

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Volumen real a cubrir          | 500 tn         |
| Cantidad de ctos MATBA-ROFEX   | 7,93           |
| Volumen vendido en MATBA-ROFEX | 792,7272727 tn |

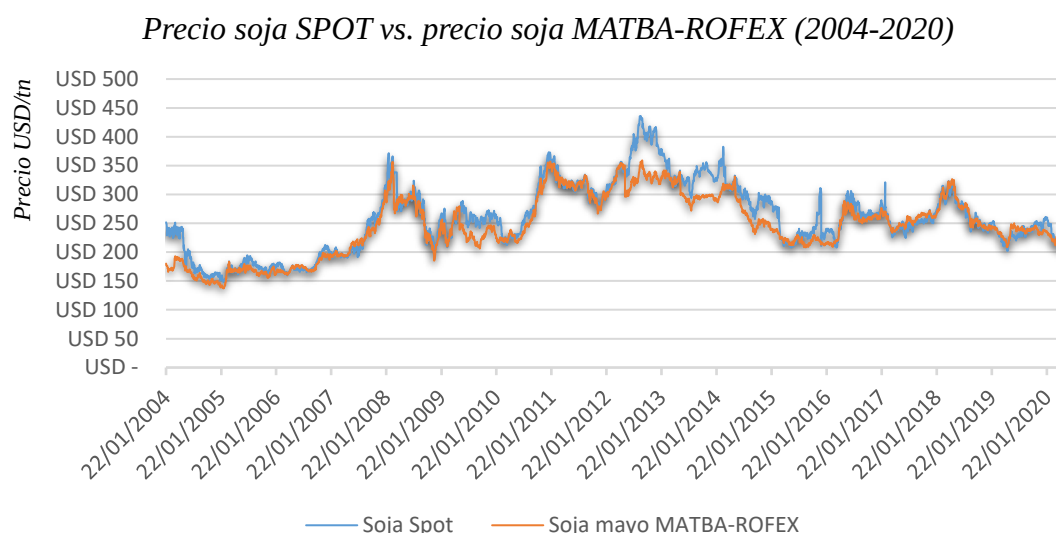
| <b>12/3/2020</b>              |     |        |  |
|-------------------------------|-----|--------|--|
| Precio MATBA-ROFEX maíz abril | USD | 142,50 |  |
| Precio SPOT maíz              | USD | 136,06 |  |

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Ganancia MATBA-ROFEX | USD 8.720,00 |
| Ganancia por tn      | USD 17,44    |

| <b>Precio final de venta al 12/3/2020</b> |        |  |
|-------------------------------------------|--------|--|
| USD                                       | 153,50 |  |

### 3.5. Cobertura de soja con contratos de MATBA-ROFEX. Ratios óptimos

Nuevamente, aquí la cobertura debiera ser más eficiente que en el caso de la utilización de contratos de CBOT, ya que los precios *spot* y los de MATBA-ROFEX están determinados por los mismos factores. En principio, como hipótesis, se espera un ratio de cobertura óptimo cercano a 1.



*Fuente:* elaboración propia en base a datos de <http://datacenter.matba.com> y la CAC.

En la soja MATBA-ROFEX (posición mayo) se observó una media de *USD 246,17/tn* y un desvío estándar de *USD 52,64/tn*, lo que representa un 21% de volatilidad. En la soja *spot* se observó una media de *USD 259,20/tn* y un desvío estándar de *USD 58,97/tn*, lo que resulta en una volatilidad del 23%. La muestra de datos fue de  $n = 4031$ .

| <i>Soja MATBA-ROFEX</i>    |                    | <i>Soja SPOT</i>           |                    |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Media</b>               | <b>246,1720169</b> | <b>Media</b>               | <b>259,1979754</b> |
| Error típico               | 0,829122774        | Error típico               | 0,928790576        |
| Mediana                    | 243,2              | Mediana                    | 254,3              |
| Moda                       | 295                | Moda                       | 338,04             |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>52,64113485</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>58,96905924</b> |
| Varianza de la muestra     | 2771,089078        | Varianza de la muestra     | 3477,349948        |
| Curtosis                   | -0,812342615       | Curtosis                   | -0,281156585       |
| Coeficiente de asimetría   | -0,006515104       | Coeficiente de asimetría   | 0,325669448        |
| Rango                      | 221,7              | Rango                      | 287,98             |
| Mínimo                     | 137,3              | Mínimo                     | 148,12             |
| Máximo                     | 359                | Máximo                     | 436,1              |
| Suma                       | 992319,4           | Suma                       | 1044827,039        |
| Cuenta                     | 4031               | Cuenta                     | 4031               |

*Ratio de cobertura óptimo (Hull, 2009)*

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| Desvío estándar <i>SPOT</i> USD/ <i>tn</i> | 58,9690592 |
| Desvío estándar MATBA-ROFEX USD/ <i>tn</i> | 52,6411348 |
| Covarianza                                 | 2927,79302 |
| Coeficiente de correlación                 | 0,94317206 |
| $h^*$                                      | 1,06       |
| Ctos MATBA-ROFEX en <i>tn</i>              | 100        |
| Ctos <i>SPOT</i> en <i>tn</i>              | 100        |
| $N^*$                                      | 1,1        |

Siguiendo el modelo de Enderington (1979):

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{2927,79302}{52,6411348^2} = 1,06$$

$\alpha$  es el ratio de cobertura óptimo.

Nuevamente se demuestra la hipótesis de que el ratio óptimo de cobertura entre estos mercados debiera ser cercana a 1. Para corroborar los resultados se hará el correspondiente análisis de regresión.

### 3.5.1. Regresión lineal simple (Soja MATBA-ROFEX/Soja SPOT)

| <i>Estadísticas de la regresión</i>          |             |
|----------------------------------------------|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0,943172063 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0,88957354  |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0,889546132 |
| Error típico                                 | 19,59813138 |
| Observaciones                                | 4031        |

#### *Análisis de Variancia*

|           | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 12466234,76              | 12466234,76                      | 32456,82 | 0                         |
| Residuos  | 4029                      | 1547485,53               | 384,0867534                      |          |                           |
| Total     | 4030                      | 14013720,29              |                                  |          |                           |

#### *Tabla de los coeficientes*

|                         | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción            | -0,894967165        | 1,476326435         | -0,606212247         | 0,544407973         | -3,789383322        | 1,99944899          | -3,789383322          | 1,999448992           |
| Precio soja MATBA-ROFEX | 1,056549586         | 0,00586458          | 180,1577652          | 0                   | 1,045051767         | 1,06804741          | 1,045051767           | 1,068047405           |



## $R^2$

El análisis muestra que aproximadamente el 88,96% de la variación en el precio *spot* de la soja, esta explicada por la regresión en el precio de la soja en MATBA-ROFEX.

### Análisis de variancia (estadístico $F$ )

Se plantean las hipótesis:

$H_0$ ) → El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1$ ) → El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

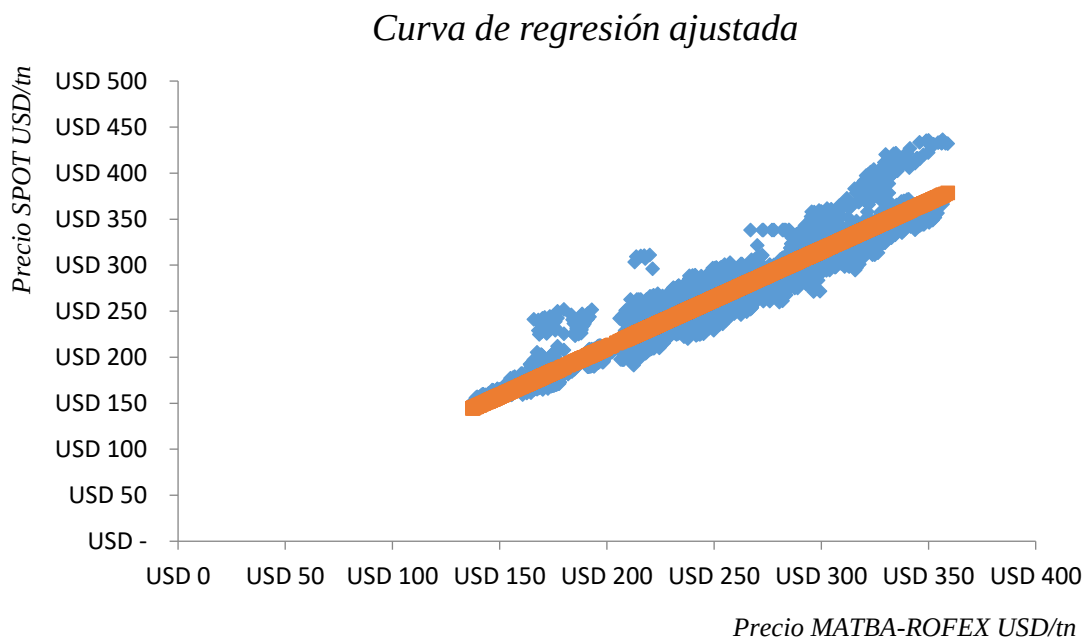
Así, dado que  $p - value < 0,01$  en el análisis de variancia, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se determina que el modelo es un buen ajuste.

### Ecuación de la recta

$$\hat{y}_i = -0,89 + 1,06 x_i$$

Donde  $\hat{y}_i$  es la variable dependiente estimada (precio soja *spot*) y  $x_i$  la variable independiente (precio soja MATBA-ROFEX). El parámetro  $b = 1,06$  indica que ante una variación del 1% en el precio MATBA-ROFEX, el precio de la soja *spot* variará 1,06% de manera positiva (esto es la pendiente de la recta de regresión y el ratio óptimo de cobertura).

Gráficamente:



## Aplicacion

Suponga que el 24/7/19 un productor argentino del sudeste de Córdoba decidió cubrir la venta de 100 *tn* de soja en cosecha (mayo) utilizando el futuro de soja MATBA-ROFEX mayo de 2020 (*SOJA.ROSMay20*). En ese momento el contrato de futuro cotizó en *USD 239,20/tn* y el *spot USD 230,14/tn*. Así, vendió 1 contrato de futuro de soja mayo en MATBA-ROFEX a *USD 239,20/tn*.

Luego, el 10/3/2020, el productor canceló su posición cuando el futuro MATBA-ROFEX cotizaba en *USD 220,8/tn*. En ese momento la soja *spot* cerró en *USD 221,83/tn*. A continuación se detallan los resultados:

| Soja                                      |            |                                |               |
|-------------------------------------------|------------|--------------------------------|---------------|
| <b>24/7/2019</b>                          |            | Volumen real a cubrir          |               |
| Precio MATBA-ROFEX soja mayo              | USD 239,20 | Cantidad de ctos MATBA-ROFEX   | 1             |
| Precio SPOT soja                          | USD 230,14 | Volumen vendido en MATBA-ROFEX | 100 <i>tn</i> |
| <b>10/3/2020</b>                          |            | Ganancia MATBA-ROFEX           |               |
| Precio MATBA-ROFEX soja mayo              | USD 220,80 | Ganancia por <i>tn</i>         | USD 18,40     |
| Precio SPOT soja                          | USD 221,83 |                                |               |
| <b>Precio final de venta al 10/3/2020</b> |            | Base al 24/7/2019              |               |
| USD                                       | 240,23     | Base al 10/3/2020              | USD 1,03      |

En este caso soja *spot* cayó *USD 8,31/tn*, mientras que el futuro de MATBA-ROFEX lo hizo en *USD 18,40/tn*, lo que deja una ganancia por tonelada en futuros (dado el ratio de cobertura) de:

$$USD\ 239,20 - USD\ 220,8 = USD\ 18,40/tn$$

En este caso, hubo un gran fortalecimiento de la base, que permitió obtener un precio superior al precio objetivo de *USD 239,20/tn*.

Esto dejó un precio final efectivo de venta de:

$$USD\ 18,40 + USD\ 221,83 = USD\ 240,23/tn$$

Haciendo un análisis teórico *ex-post* y suponiendo que los contratos puedan ser fraccionados, se hubiesen necesitado 0,94 contratos de futuro de MATBA-ROFEX (94,40 *tn*) para lograr el precio objetivo de *USD 239,20/tn* al 10/3/2020:

**Ratio óptimo (análisis ex-post)**

| <b>24/7/2019</b>                    |     |        |  |
|-------------------------------------|-----|--------|--|
| Precio <i>MATBA-ROFEX</i> soja mayo | USD | 239,20 |  |
| Precio <i>SPOT</i> soja             | USD | 230,14 |  |

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Volumen real a cubrir                 | 100 <i>tn</i>         |
| Cantidad de ctos <i>MATBA-ROFEX</i>   | 0,944021739           |
| Volumen vendido en <i>MATBA-ROFEX</i> | 94,40217391 <i>tn</i> |

| <b>10/3/2020</b>                    |     |        |  |
|-------------------------------------|-----|--------|--|
| Precio <i>MATBA-ROFEX</i> soja mayo | USD | 220,80 |  |
| Precio <i>SPOT</i> soja             | USD | 221,83 |  |

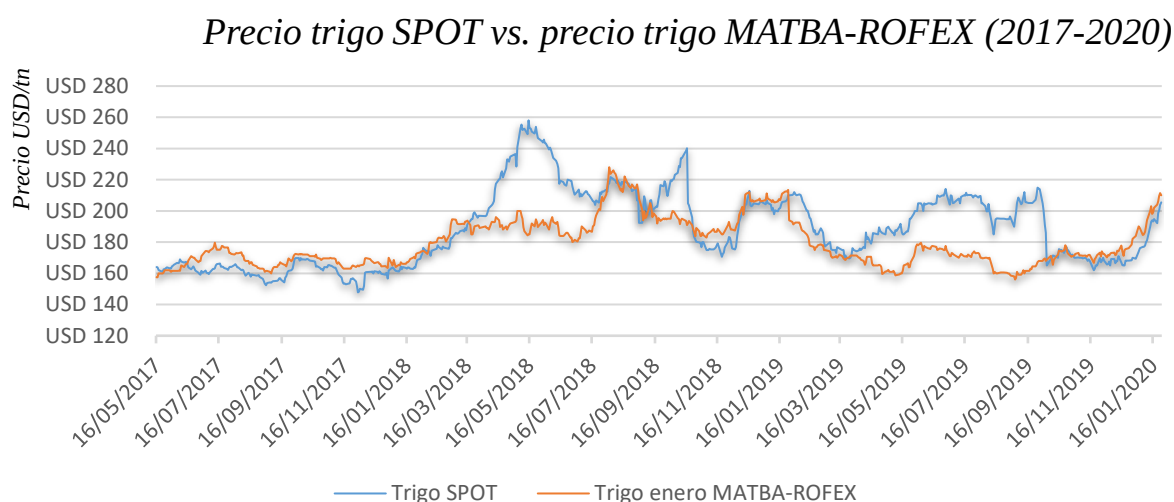
|                             |     |          |
|-----------------------------|-----|----------|
| Ganancia <i>MATBA-ROFEX</i> | USD | 1.737,00 |
| Ganancia por <i>tn</i>      | USD | 17,37    |

| <b>Precio final de venta al 10/3/2020</b> |  |        |  |
|-------------------------------------------|--|--------|--|
| USD                                       |  | 239,20 |  |

### 3.6. Cobertura de trigo con contratos de MATBA-ROFEX. Ratios óptimos

Aquí, a diferencia de los casos anteriores, se tomará como muestra del precio *spot* del trigo a los precios de pizarra publicados por la CAC desde el 16 de mayo de 2017 al 24 de enero de 2020 y los precios correlativos de trigo MATBA-ROFEX en la posición enero para el mismo período.

Se decidió tomar un número menor de observaciones para evitar períodos de tiempo en los que el mercado estuviese intervenido con restricciones cuantitativas.



Fuente: elaboración propia en base a datos de <http://datacenter.matba.com> y la CAC

Para el caso del trigo en MATBA-ROFEX (posición enero) se observó una media de *USD 179,51/tn* y un desvío estándar de *USD 15,15/tn*, lo que representa un 8% de volatilidad. En el trigo *spot* se observó una media de *USD 188,08/tn* y un desvío estándar de *USD 24,11/tn*, lo que deriva en una volatilidad del 12%. La cantidad de observaciones ascendió a  $n = 660$ .

| <i>Trigo MATBA-ROFEX</i>   |                   | <i>Trigo SPOT</i>          |                   |
|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| <b>Media</b>               | <b>179,506061</b> | <b>Media</b>               | <b>188,082601</b> |
| Error típico               | 0,58981394        | Error típico               | 0,93846911        |
| Mediana                    | 174               | Mediana                    | 185,043568        |
| Moda                       | 170               | Moda                       | 200               |
| <b>Desviación estándar</b> | <b>15,1525944</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>24,1097079</b> |
| Varianza de la muestra     | 229,601116        | Varianza de la muestra     | 581,278014        |
| Curtosis                   | -0,03936768       | Curtosis                   | -0,43456868       |
| Coeficiente de asimetría   | 0,82189838        | Coeficiente de asimetría   | 0,54641027        |
| Rango                      | 72                | Rango                      | 110,274231        |
| Mínimo                     | 156               | Mínimo                     | 147,763348        |
| Máximo                     | 228               | Máximo                     | 258,037578        |
| Suma                       | 118474            | Suma                       | 124134,517        |
| Cuenta                     | 660               | Cuenta                     | 660               |

*Ratio de cobertura óptimo (Hull, 2009)*

|                                            |             |
|--------------------------------------------|-------------|
| Desvío estándar <i>SPOT</i> USD/ <i>tn</i> | 24,10970788 |
| Desvío estándar MATBA-ROFEX USD/ <i>tn</i> | 15,15259438 |
| Covarianza                                 | 217,8263354 |
| Coeficiente de correlación                 | 0,596254183 |
| $h^*$                                      | 0,95        |
| Ctos MATBA-ROFEX en <i>tn</i>              | 100         |
| Ctos <i>SPOT</i> en <i>tn</i>              | 400         |
| $N^*$                                      | 3,8         |

Siguiendo el esquema de Enderington (1979):

$$\alpha = \frac{COV_{SF}}{\sigma_F^2} = \frac{217,8263354}{15,15259438^2} = 0,95$$

$\alpha$  es el ratio de cobertura óptimo.

Se demuestra nuevamente  $h^* \approx 1$ . Para confirmar resultados se llevará a cabo, como en los casos anteriores, el análisis de regresión correspondiente.

### 3.6.1. Regresión lineal simple (Trigo MATBA-ROFEX/Trigo SPOT)

| <i>Estadísticas de la regresión</i>          |            |
|----------------------------------------------|------------|
| Coefficiente de correlación múltiple         | 0,59625418 |
| Coefficiente de determinación R <sup>2</sup> | 0,35551905 |
| R <sup>2</sup> ajustado                      | 0,3545396  |
| Error típico                                 | 19,369872  |
| Observaciones                                | 660        |

#### *Análisis de Variancia*

|           | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|
| Regresión | 1                         | 136185,9138              | 136185,9138                      | 362,976649 | 8,83412E-65               |
| Residuos  | 658                       | 246876,2975              | 375,1919415                      |            |                           |
| Total     | 659                       | 383062,2114              |                                  |            |                           |

#### *Tabla de los coeficientes*

|                          | <i>Coeficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|--------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Intercepción             | 17,78226451         | 8,970478958         | 1,982309372          | 0,047860179         | 0,168049224         | 35,3964798          | 0,168049224           | 35,3964798            |
| Precio trigo MATBA-ROFEX | 0,94871636          | 0,049796297         | 19,05194608          | 8,83412E-65         | 0,850937557         | 1,046495162         | 0,850937557           | 1,046495162           |

## $R^2$

El análisis muestra que aproximadamente el 35,55% de la variación en el precio *spot* del trigo, esta explicada por la regresión en el precio del trigo en MATBA-ROFEX.

### Análisis de variancia (estadístico $F$ )

Se plantean las hipótesis:

$H_0$ ) → El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1$ ) → El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

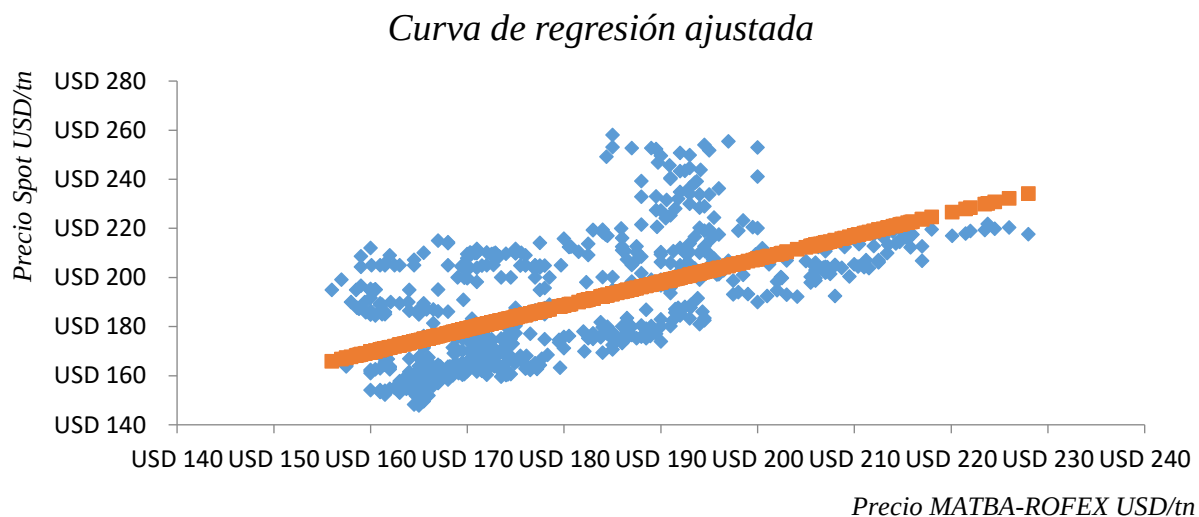
Así, dado que  $p - value \approx 0 < 0,01$  en el análisis de variancia, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se determina que el modelo es un buen ajuste.

### Ecuación de la recta

$$\hat{y}_i = 17,78 + 0,95 x_i$$

Donde  $\hat{y}_i$  es la variable dependiente estimada (precio trigo *spot*) y  $x_i$  la variable independiente (precio trigo MATBA-ROFEX). El parámetro  $b = 0,95$  indica que ante una variación del 1% en el precio MATBA-ROFEX, el precio del trigo *spot* variará 0,95% de manera positiva (esto es la pendiente de la recta de regresión y el ratio de cobertura óptimo).

Gráficamente:



## Aplicación

Suponga que el 24/5/19 un productor argentino de la zona núcleo decidió cubrir la venta de 400 *tn* de trigo en cosecha (enero) utilizando el futuro de trigo MATBA-ROFEX enero de 2020 (*TRI.ROSEne20*). En ese momento el contrato de futuro cotizó en *USD 167/tn* y el *spot USD 194,98/tn*. Entonces, vendió 4 contratos de futuros de trigo enero en MATBA-ROFEX a *USD 167/tn*.

Luego, el 10/1/2020, el productor decidió cancelar su posición cuando el futuro MATBA-ROFEX cotizaba en *USD 194/tn*. En ese momento el trigo disponible cerró en *USD 180,99/tn*. A continuación se detallan los resultados:

| Trigo                               |     |        |                                |                |
|-------------------------------------|-----|--------|--------------------------------|----------------|
| 24/5/2019                           |     |        |                                |                |
| Precio MATBA-ROFEX trigo enero      | USD | 167,00 | Volumen real a cubrir          | 400 tn         |
| Precio SPOT trigo                   | USD | 194,98 | Cantidad de ctos MATBA-ROFEX   | 4              |
|                                     |     |        | Volumen vendido en MATBA-ROFEX | 400 tn         |
|                                     |     |        |                                |                |
| 10/1/2020                           |     |        |                                |                |
| Precio MATBA-ROFEX trigo enero      | USD | 194,00 | Pérdida MATBA-ROFEX            | -USD 10.800,00 |
| Precio SPOT trigo                   | USD | 180,99 | Pérdida por tn                 | -USD 27,00     |
|                                     |     |        |                                |                |
| Precio final de venta al 10/01/2020 |     |        |                                |                |
| USD                                 |     | 153,99 | Base al 24/5/2019              | USD 27,98      |
|                                     |     |        | Base al 10/1/2020              | -USD 13,01     |

En este caso el trigo *spot* cayó *USD 13,99/tn*, mientras que MATBA-ROFEX subió *USD 27/tn*, lo que deja una pérdida por tonelada en futuros (dado el ratio de cobertura) de:

$$USD\ 167 - USD\ 194 = -USD\ 27/tn$$

En este caso, el trigo sufrió un gran debilitamiento de la base entre el 24/5/2019 y el 10/01/2020, lo cual generó un mal funcionamiento de la cobertura.

Esto dejó un precio final efectivo de venta de:

$$-USD\ 27 + USD\ 180,99 = USD\ 153,99/tn$$

Finalmente, haciendo el análisis teórico *ex-post* y suponiendo que los contratos puedan ser fraccionados, hubiese sido necesario vender 2,07 contratos de futuros de MATBA-ROFEX (207,26 *tn*) para lograr el precio objetivo de *USD 167/tn*:



**Ratio óptimo (análisis ex-post)**

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>24/5/2019</b>               |            |
| Precio MATBA-ROFEX trigo enero | USD 167,00 |
| Precio SPOT trigo              | USD 194,98 |

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Volumen real a cubrir          | 400 tn         |
| Cantidad de ctos MATBA-ROFEX   | 2,072592593    |
| Volumen vendido en MATBA-ROFEX | 207,2592593 tn |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>10/1/2020</b>               |            |
| Precio MATBA-ROFEX trigo enero | USD 194,00 |
| Precio SPOT trigo              | USD 180,99 |

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Pérdida MATBA-ROFEX | -USD 5.596,00 |
| Pérdida por tn      | -USD 13,99    |

|                                            |        |
|--------------------------------------------|--------|
| <b>Precio final de venta al 10/01/2020</b> |        |
| USD                                        | 167,00 |

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Base al 24/5/2019 | USD 27,98  |
| Base al 10/1/2020 | -USD 13,01 |

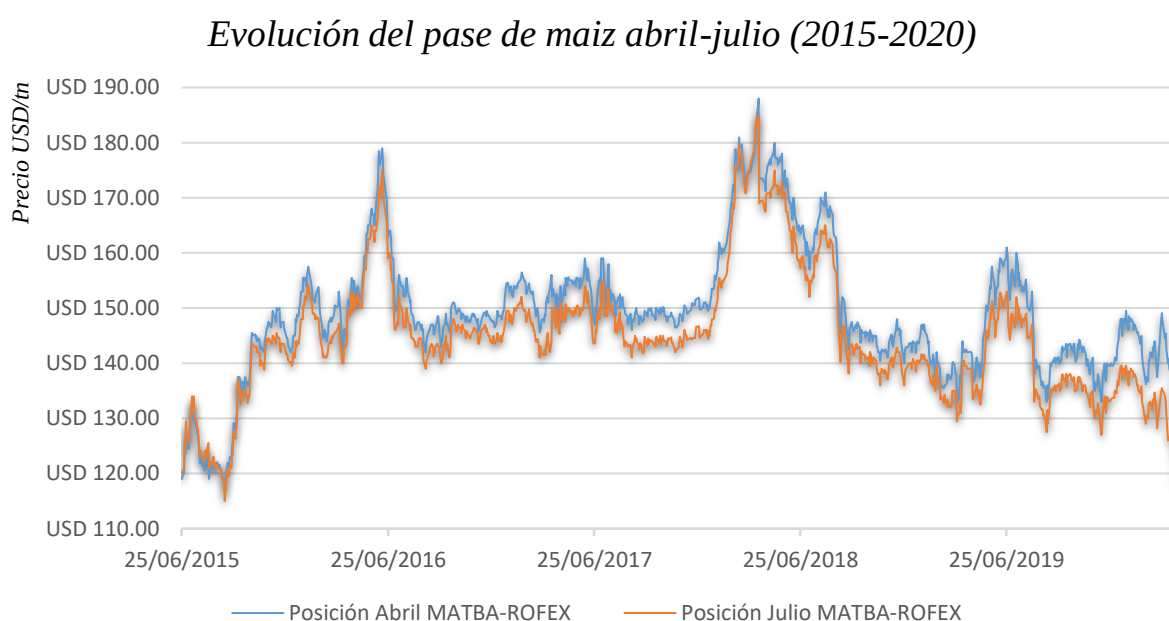
### 3.7. Operaciones combinadas con futuros. Aplicación

Como ya se definió anteriormente, una operación combinada consiste en la compra o venta simultánea de dos o más contratos independientes. (MATBA-ROFEX, 2020).

Este tipo de operaciones pueden ser utilizadas por los operadores como un elemento especulativo en la búsqueda de ganancias derivadas de aumentos o bajas en los *spreads*, o bien, como instrumentos para generar condiciones comerciales de Precio a Fijar (PAF).

#### 3.7.1. Pase de maíz abril con maíz julio (MATBA-ROFEX)

El análisis del pase de *MAI. ROSAbr* con *MAI. ROSJul* en las campañas 2015-2020 arroja un promedio de *spread* (pase) cercano a – USD 4,55.



Fuente: elaboración propia en base a datos de <http://datacenter.matba.com>

A partir del análisis histórico de un determinado pase, en el mercado se suelen tomar apuestas esperando un incremento o una baja en el *spread*, suponiendo que el comportamiento pasado continúe en el futuro.

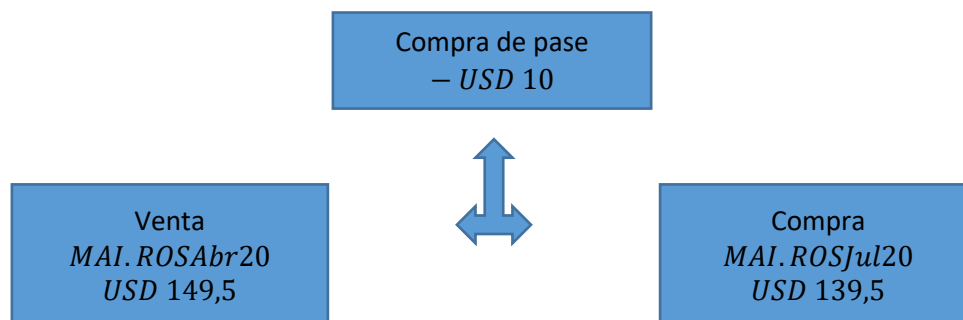
Queda claro que tomar una posición en un pase, si bien es una apuesta más conservadora que tomar una posición descubierta únicamente en futuros, es una operación especulativa que puede generar posibles pérdidas.

#### Aplicación

El día 23/01/2020 la posición *MAI. ROSAbr20* cotizó USD 149,5/tn y la posición *MAI. ROSJul20* cotizó USD 139,5/tn. Esto tiene un pase implícito de – USD 10/tn.

Luego de hacer su análisis histórico, el operador entendió que este pase estaba barato y decidió comprarlo para beneficiarse de un probable incremento del *spread*. Para ello

vendió una tonelada<sup>50</sup> de *MAI.ROSAbr20* a *USD 149,5/tn* y compró simultáneamente una tonelada de *MAI.ROSJul20* a *USD 139,5/tn*.



Al día 23/4/2020 el *MAI.ROSAbr20* cotizó *USD 126,50/tn* y el *MAI.ROSJul20* *USD 119,90/tn*. Así, tal cual como lo esperaba, el *spread* se incrementó a *- USD 6,6/tn*. Allí, el agente canceló sus posiciones y obtuvo una ganancia neta igual a *USD 3,40/tn*.

| Fecha         | <i>MAI.ROSAbr20</i> |        | <i>MAI.ROSJul20</i> |        | Pase       |
|---------------|---------------------|--------|---------------------|--------|------------|
| 23/01/2020    | USD                 | 149,50 | USD                 | 139,50 | -USD 10,00 |
| 23/04/2020    | USD                 | 126,50 | USD                 | 119,90 | -USD 6,60  |
| Ganancia neta | USD                 | 23,00  | -USD                | 19,60  | USD 3,40   |

Se observa que esta estrategia tiene un componente especulativo y que resulta ser una apuesta con un alto grado de apalancamiento.

### 3.7.2. Condición de soja “a fijar” (PAF<sup>51</sup>) con pase de cosecha. Aplicación

Como ya se explicó, muchas veces los productores agropecuarios deciden vender su mercadería sin precio firme esperando que el precio mejore en el futuro. Este es el caso de los llamados negocios “a fijar precio”, por medio de los cuáles el productor entrega la mercadería sin fijarle precio. Esto se da generalmente cuando el comprador tiene la necesidad de originar<sup>52</sup> mercadería dado que tiene compromisos y el vendedor no está dispuesto a vender al precio actual.

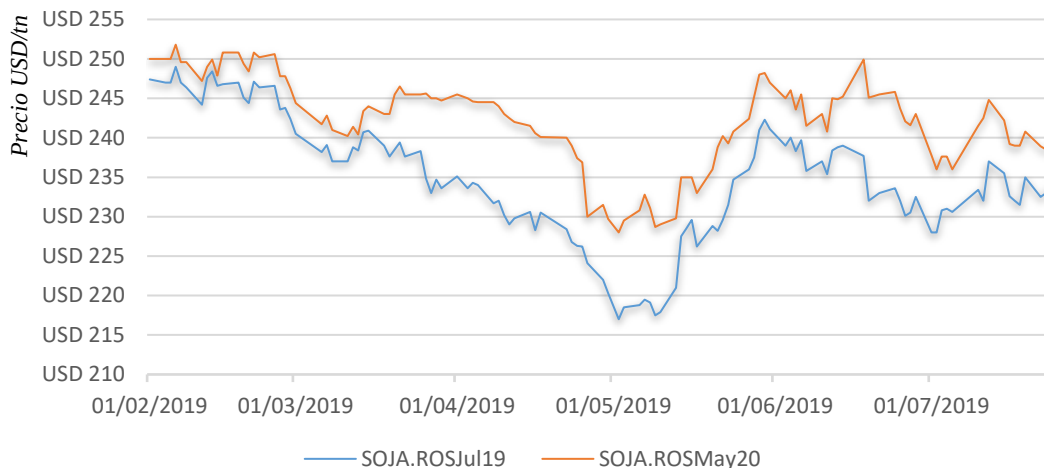
Dentro del abanico de posibles condiciones a fijar precio ofrecidas por los compradores, se encuentran los negocios a fijar precio con “pase” que se instrumentan con contratos de futuros. Se verá cuál es el mecanismo al que incurre el comprador (en este caso los acopios o correacopios) para ofrecer este tipo de negocios, especialmente el caso del pase de soja julio 2019 con soja mayo 2020.

<sup>50</sup> Suponiendo que los contratos puedan ser fraccionados en el mercado.

<sup>51</sup> Precio a fijar.

<sup>52</sup> El término “originación” en la comercialización de granos refiere a la compra y recepción de mercadería.

### *Pase de soja Julio 2019 - Mayo 2020*



Fuente: elaboración propia en base a datos de <http://datacenter.matba.com>

### **Aplicación**

Suponga que el día 24/06/19 un acopio del sur de Santa Fe debió comprar soja con entrega en julio para atender diversos compromisos de entrega que ha asumido para dicho mes. Este día la soja julio *SOJA.ROSJul19* cotizó *USD 233,60/tn* y la soja mayo *SOJA.ROSMay20* cotizó *USD 245,80/tn*. El pase implícito entre ambas posiciones es de + *USD 12,2/tn*.

En ese caso el acopio estuvo en condiciones de ofrecer la siguiente condición comercial de soja a fijar con pase de cosecha:

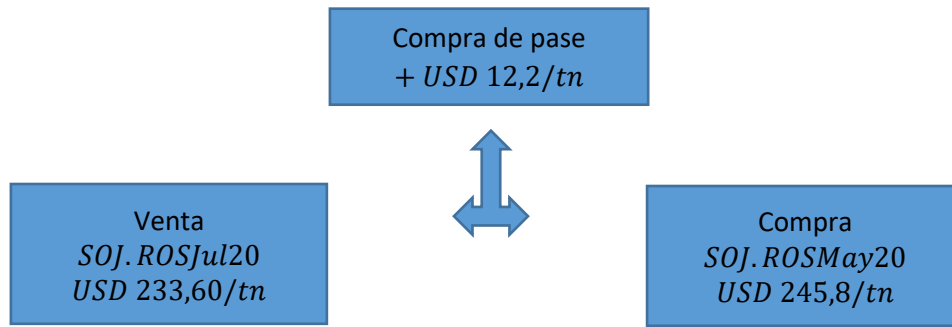
*“Soja con entrega en julio con precio a fijar desde julio hasta el mes de mayo por lo que cotece la soja SOJA.ROSMay20, menos un descuento de USD 12,2/tn”*

Es decir, que el productor tiene la posibilidad de fijar el precio de su mercadería desde la entrega hasta mayo, usando como indicador de fijación la soja *SOJA.ROSMay20* menos un descuento de *USD 12,2/tn*.

Con esta condición el productor logra hacerse de logística para enviar sus productos y a su vez, de acuerdo a su propia expectativa, tiene la posibilidad de fijar el precio de la soja con posterioridad esperando un aumento en la misma.

¿Cuál es la operación que el acopio realizó para lograr esta condición comercial?

La operación del acopio, que teóricamente tiene espacio para la recepción de mercadería, consistió en recibir la soja del productor, venderla para el mes de julio *SOJA.ROSJul19* en *USD 233,60/tn* y comprar simultáneamente el mismo tonelaje de soja *SOJA.ROSMay20* a *USD 245,80/tn*.



El 5/7/2019 el acopio entregó la mercadería y cobró los  $USD\ 233,60/tn$ , invirtiendo dicha suma a la tasa libre de riesgo  $r = 0,0011$  anual<sup>53</sup>.

Ahora suponga que el productor al día 15/01/20 decidió fijar el precio de su mercadería porque tuvo obligaciones que saldar. Allí, la posición  $SOJA.ROSMay20$  cotizó  $USD\ 236,5/tn$ , y dada la condición, recibió por su mercadería:

$$USD\ 236,5/tn - USD\ 12,2/tn = USD\ 224,3/tn.$$

El acopio, para pagarle al productor, inmediatamente tuvo que cancelar su posición comprada en futuros (vendió el mismo tonelaje en  $SOJA.ROSMay20$  a  $USD\ 236,5/tn$ ) donde obtuvo una pérdida de:

$$-USD\ 245,8/tn + USD\ 236,5/tn = -USD\ 9,3/tn.$$

Al mismo tiempo, retiró el dinero invertido a la tasa libre de riesgo, obteniendo un monto igual a:

$$M = Ce^{rt}$$

$$M = 233,60e^{0,0011(\frac{194}{365})}$$

$$M = 233,74/tn$$

Con ello pagó la pérdida en futuros de  $-USD\ 9,3/tn$  y le saldó al productor sus  $USD\ 224,30/tn$ .

El precio final efectivo de compra por tonelada de la soja fue:

$$= \text{precio pagado por condición} + \text{pérdida por futuros} - \text{interés recibido}$$

$$USD\ 224,30/tn + USD\ 9,3/tn - USD\ 0,14 = USD\ 233,46/tn$$

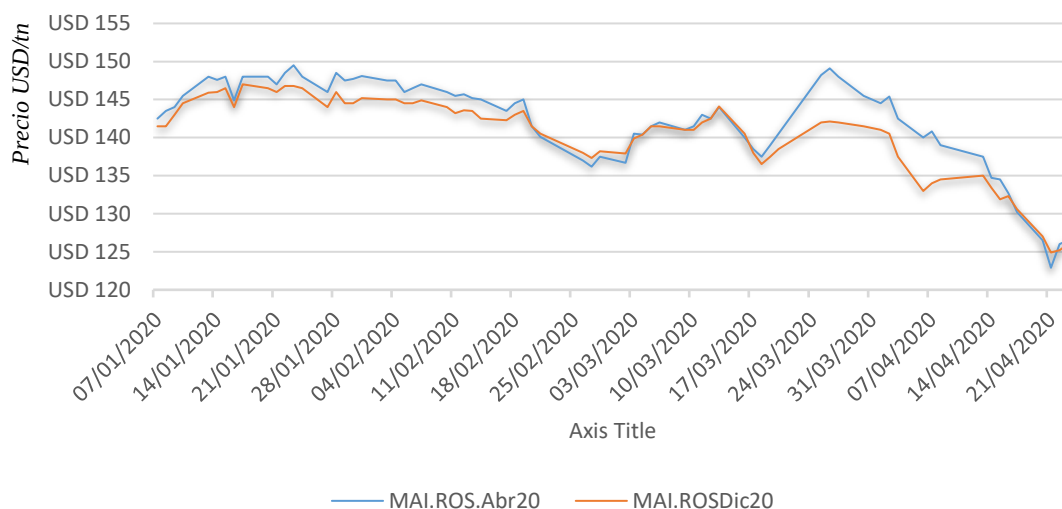
Si bien, a simple vista parece que el acopio tomó una posición de riesgo, éste siempre estuvo perfectamente *hedgado* con la compra del contrato de futuros. En este caso, el que tomó la posición de riesgo fue el productor, quien apostó a una suba del precio de mercado, cuando en realidad ocurrió lo opuesto.

### 3.7.3. Condición de maíz “a fijar” con pase. Aplicación

Se analizará otra condición de precio a fijar con “pase”, pero en este caso se aplicará al mercado de maíz, observando el pase abril-diciembre del 2020.

<sup>53</sup> Tasa LIBOR.

### Pase de maíz Abril 2020 - Diciembre 2020



Fuente: elaboración propia en base a datos de <http://datacenter.matba.com>

### Aplicación

Ahora suponga que el día 11/02/2020 un acopio del este de Córdoba debió comprar maíz con entrega en abril para atender diversos compromisos. Este día el maíz abril *MAI.ROSAbr20* cotizó USD 145,5/tn y el maíz diciembre *MAI.ROSDic20* cotizó USD 143,20/tn. El pase implícito entre ambas posiciones es de - USD 2,30/tn.

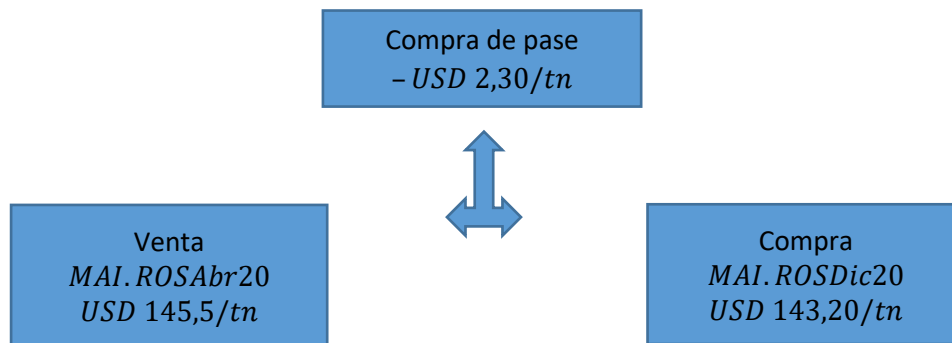
En ese caso el acopio está en condiciones de ofrecer la siguiente condición comercial de maíz a fijar con pase:

*“Maíz entrega en abril con precio a fijar desde la entrega hasta el mes de diciembre por lo que cotiche el maíz MAI.ROSDic20, más un plus de USD 2,30/tn”*

Es decir, que el productor tiene la posibilidad de fijar el precio de su mercadería desde la entrega hasta diciembre, usando como indicador de fijación el maíz *MAI.ROSDic20* más un plus de USD 2,30/tn.

¿Cuál es la operación que el acopio realizó para lograr esta condición comercial?

La operación del acopio, que teóricamente tiene espacio para la recepción de mercadería, consistió en recibir el maíz del productor en abril, venderlo para el mes de abril *MAI.ROSAbr20* en USD 145,5/tn y comprar simultáneamente el mismo tonelaje de maíz *MAI.ROSDic20* a USD 143,20/tn.



El 7/04/2020 el acopio entregó la mercadería y cobró los *USD 145,5/tn*, invirtiendo dicha suma a la tasa libre de riesgo  $r = 0,0011$  anual<sup>54</sup>.

Ahora suponga que el productor al día 06/11/20 decidió fijar el precio de su mercadería. Allí, la posición *MAI. ROSDic20* cotizó *USD 191,5/tn*, y dada la condición comercial PAF, recibió:

$$USD\ 191,50/tn + USD\ 2,30/tn = USD\ 193,80/tn.$$

El acopio, para pagarle al productor, tuvo que cancelar su posición comprada en futuros (vendió el mismo tonelaje en *MAI. ROSDic20* a *USD 191,50/tn*) donde obtuvo una ganancia de:

$$-USD\ 143,20/tn + USD\ 191,5/tn = USD\ 48,30/tn.$$

Al mismo tiempo, retiró el dinero invertido a la tasa libre de riesgo, obteniendo un monto igual a:

$$M = Ce^{rt}$$

$$M = 145,50e^{0,0011\left(\frac{213}{365}\right)}$$

$$M = 145,59/tn$$

Con estos *USD 145,59/tn* más lo ganado en futuros *USD 48,30/tn*, obtuvo *USD 193,89/tn* y le pagó al productor sus *USD 193,80/tn*.

El precio final efectivo de compra por tonelada del maíz fue:

$$= \text{Precio pagado por condición} - \text{ganancia en futuros} - \text{interés recibido}$$

$$USD\ 193,80/tn - USD\ 48,30/tn - USD\ 0,09 = USD\ 145,41/tn$$

Si bien, a priori parece que el acopio tomó una posición de riesgo, este siempre estuvo calzado con la compra del contrato de futuros. En este caso el productor tomó una posición de riesgo, que apostó a una suba del precio de mercado, lo cual terminó sucediendo.

### 3.8. Opciones. *Risk management* y *delta hedging*.

<sup>54</sup> Tasa LIBOR.

Como ya se estudió, las letras griegas son ecuaciones que muestran el cambio en el precio de la opción cuando varían alguno de los *inputs* de la fórmula de *Black-Scholes*, dejando fijos los demás factores.

La letra griega delta ( $\Delta$ ) mide el cambio en el precio de la opción cuando varía el precio del activo subyacente. Fundamentalmente muestra la proporción del activo subyacente que necesita un *market-maker* para replicar la opción y quedar neutral al riesgo o *delta hedged*.

$$\Delta = \frac{\partial c}{\partial S} = \frac{\partial c(S, X, \sigma, r, T)}{\partial S} = N(d_1)$$

Donde:

$$\begin{cases} d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \\ d_1 = d_2 + \sigma\sqrt{T} \end{cases}$$

### Aplicación

Suponga que el día 17/3/2021 un cliente quiere comprar una *call* de *MAI.ROSA*abri21<sup>55</sup>, para lo cual el *market-maker* debe hacer de contraparte y otorgarle la liquidez necesaria para obtener el instrumento.

Ese día se tuvieron los siguientes datos:

- $S_0$ : USD 200,5/tn
- $X$ : USD 181/tn
- $r$ : 0,0011 anual<sup>56</sup>
- $T$ : 23/3/21
- $t$ : 17/3/21
- $(T - t)$ : 6 días
- $\sigma$  histórico: 0,2319

Por *Black-Scholes*:

$$N(d_2) = N\left(\frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T - t)}{\sigma\sqrt{(T - t)}}\right)$$

$$N(d_2) = N\left(\frac{\ln\left(\frac{200,5}{181}\right) + \left(0,0011 - \frac{0,2319^2}{2}\right) \times \frac{6}{365}}{0,2319\sqrt{\frac{6}{365}}}\right)$$

$$N(d_2) = N(3,4270) = 0,9997$$

<sup>55</sup> Se recuerda que los contratos de opciones sobre futuros representan 100 tn del activo subyacente, en este caso, maíz abril del 2021.

<sup>56</sup> Tasa LIBOR a 1 mes.



$$N(d_1) = N(d_2 + \sigma\sqrt{(T-t)}) = N\left(3,4270 + 0,2319\sqrt{\frac{6}{365}}\right) = N(3,4567) = 0,9997$$

Así, se determina el valor de la *call* por *Black-Scholes*:

$$c = S_0 N(d_1) - X e^{-r(T-t)} N(d_2)$$

$$c = 200,5 \times 0,9997 - 181 e^{-0,0011 \times \left(\frac{6}{365}\right)} \times 0,9997$$

$$c = \text{USD } 19,50$$

| MAI.ROSAbr21 |            |       |            |
|--------------|------------|-------|------------|
| So           | 200,5      | d2    | 3,42701214 |
| X            | 181        | d1    | 3,45674454 |
| r            | 0,11%      | N(d2) | 0,9997     |
| t            | 17/3/2021  | N(d1) | 0,9997     |
| T            | 23/3/2021  |       |            |
| (T-t)        | 0,01643836 |       |            |
| σ            | 23,19%     | c     | 19,5036896 |

#### Letras griegas

|              |             |
|--------------|-------------|
| Delta        | 0,999727    |
| Gamma        | 0,000170    |
| Theta        | -0,382967   |
| Theta diaria | -0,00104922 |

Delta se define:

$$N(d_1) = 0,9997$$

Cuando el precio del MAI.ROSAbr21 varía USD 1 el precio de la opción varía USD 0,9997.

De este modo, para quedar delta neutral, una vez vendida la *call*, el *market-maker* deberá inmediatamente comprar 99,97 tn<sup>57</sup> de maíz MAI.ROSAbr21 (activo subyacente).

Cuando el *market-maker* vende la opción se dice que queda *short delta*, por lo que debe comprar una cantidad delta del activo subyacente para neutralizar la posición.

#### Rebalanceo de posición. Impacto de gamma y theta.

El día 18/03/21 el MAI.ROSAbr21 cotizó USD 197,2/tn.

Así<sup>58</sup>:

<sup>57</sup> Se supone que se puede fraccionar la compra del activo subyacente.

<sup>58</sup> Otra forma de obtener el nuevo precio de la *call*<sub>(t+1)</sub> por aproximación es:

$$Call_{(t+1)} = call_t + dc$$

Donde:

| MAI.ROSAbr21 |            |       |            |
|--------------|------------|-------|------------|
| So           | 197,2      | d2    | 3,14525961 |
| X            | 181        | d1    | 3,17240146 |
| r            | 0,11%      | N(d2) | 0,9991703  |
| t            | 18/3/2021  | N(d1) | 0,99924408 |
| T            | 23/3/2021  |       |            |
| (T-t)        | 0,01369863 |       |            |
| σ            | 23,19%     | c     | 16,2038331 |

En teoría ante una variación de  $-USD\ 3,3$  del subyacente, el precio de la opción debería haber variado:

$$\text{Variación de precio de la call} = \Delta \times -USD\ 3,3$$

$$0,999727 \times -USD\ 3,3 = -USD\ 3,2991$$

Sin embargo, la variación efectiva fue  $-USD\ 3,2998$ . Es decir, que la baja del precio de la *call* fue mayor a la esperada. Esta discrepancia se estudiará a continuación.

Resultados:

$$\text{Pérdida en futuros} = (USD\ 200,5 - USD\ 197,2) \times 99,9727\ tn = -USD\ 329,9098$$

$$\text{Ganancia en opciones} = (USD\ 19,5036896 - USD\ 16,2038331) \times 100\ tn$$

$$\text{Ganancia en opciones} = USD\ 329,985649$$

|                                   |      |          |
|-----------------------------------|------|----------|
| Resultado por compra MAI.ROSAbr21 | -USD | 329,9098 |
| Resultado por lanzamiento de call | USD  | 329,9856 |
| Resultado neto                    | USD  | 0,07586  |

Las nuevas letras griegas:

| Letras griegas      |             |
|---------------------|-------------|
| <b>Delta</b>        | 0,999244    |
| <b>Gamma</b>        | 0,000486    |
| <b>Theta</b>        | -0,707502   |
| <b>Theta diaria</b> | -0,00193836 |

$$dc \cong \Theta dt + \Delta dS + \frac{1}{2} \Gamma dS^2$$

$$dc = -0,382967 \times 0,002740 + 0,9997 \times (-3,3) + \frac{1}{2} \times 0,000170 \times (-3,3)^2 = -3,2992$$

$$dc = -0,001049 - 3,299098 + 0,000927 = -3,2992$$

Así:

$$Call_{(t+1)} = 19,503690 - 3,2992 = 16,20$$

Como delta disminuyó se deben vender 0,05 *tn* de *MAI.ROSA*abri21 para rebalancear la cartera y nuevamente quedar con una posición neutral al riesgo (*delta-hedge*).

Se puede observar que el *market-maker* terminó el día con una ganancia de 0,07 *USD*. Esto se debe principalmente al efecto gamma y theta.

Como ya se explicó, la gamma mide el cambio de la delta cuando varía el precio del activo subyacente.

$$\Gamma = \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{T-t}} = \frac{e^{-\frac{d_1^2}{2}}}{S\sigma\sqrt{2\pi(T-t)}}$$

Es la derivada segunda del precio de la opción respecto al precio del activo subyacente.

Por su parte theta muestra la variación del precio de la opción a medida que se acerca el vencimiento:

$$\begin{aligned}\Theta &= \frac{\partial c}{\partial t} = - \left[ Xre^{-r(T-t)}N(d_2) + \frac{\sigma^2 S^2}{2} \Gamma \right] \\ &= - \left[ Xre^{-r(T-t)}N(d_2) + \frac{\sigma SN'(d_1)}{2\sqrt{T-t}} \Gamma \right]\end{aligned}$$

Por lo tanto la pequeña discrepancia entre el resultado en futuros y el resultado en opciones se explica principalmente por gamma y por el efecto del paso del tiempo (theta).

## 4. Comentarios finales

Se puede decir que el *risk management* es una rama elemental de la administración general del negocio agrícola. Es aconsejable así, un exhaustivo análisis estratégico de los riesgos para aislar, al menos parcialmente, a la firma de los vaivenes de precios nacionales e internacionales, y poder así generar previsibilidad a los flujos de fondos para lograr la maximización del valor de la misma y demás objetivos financieros.

El mercado agrícola a nivel mundial está determinado por factores exógenos (climáticos, estacionales o especulativos) que no son controlables (exposición al riesgo) y que deben ser previstos para minimizar la variabilidad en los resultados de las compañías.

Desde su surgimiento en la Edad Media, los contratos derivados, con mayor o menor grado de complejidad han ocupado un lugar primordial en los centros comerciales mundo, otorgando seguridad financiera a los operadores y contribuyendo al crecimiento de sus márgenes de ganancias.

Los futuros y las opciones son instrumentos ya generalizados en los mercados y permiten, mediante la liquidez que otorgan los especuladores financieros, la disponibilidad de diversos instrumentos capaces de dar previsibilidad al productor agrícola en un contexto signado por el riesgo precio.

Se han analizado de manera empírica fundamentalmente dos tipos de coberturas en el apartado de los contratos de futuros: la cobertura corta con contratos de CBOT y la cobertura corta con contratos de MATBA-ROFEX. Los números muestran en general, que el comportamiento pasado de los precios no necesariamente se repetirá de manera perfecta en el futuro, por lo que los ratios de cobertura óptimos, si bien pueden dar en algunas ocasiones resultados muy favorables, ciertas veces han mostrado un comportamiento errático.

En lo que refiere a las cuberturas con contratos de CBOT se puede concluir que son coberturas menos eficientes dado que el mercado *spot* local y el mercado internacional están determinados por eventos y parámetros que pueden diferir de un mercado a otro. Esto hace que se pierda calidad en la cobertura. Si bien, como se demostró, ambos mercados poseen un alto grado de determinación en el largo plazo, en el corto plazo pueden darse asimetrías que arruinen la *performance* de las coberturas.

Empíricamente, MATBA-ROFEX resultó ser el mercado más eficiente para llevar a cabo la administración de riesgos del negocio agrícola argentino, un mercado determinado por los mismos parámetros que el mercado *spot*, y que consecuentemente le permite a los agentes económicos una mayor previsibilidad a la hora de tomar decisiones financieras. No obstante, dado que el productor no conoce con exactitud la fecha en la que cosechará, se enfrenta al riesgo base y al debilitamiento de la misma.

Las operaciones combinadas con futuros (pases) han permitido observar cómo los operadores pueden engendrar condiciones comerciales beneficiosas para el productor agropecuario, permitiéndole esencialmente trasladar el *pricing* de su mercadería en el tiempo.

Por último, se han analizado los alcances del modelo *Black-Scholes* de valuación de opciones, para la determinación de portfolios en los que se hizo posible la neutralidad del riesgo (derivado de las variaciones de precios de los activos subyacentes) gracias a la herramienta de la *delta-hedging*. Ésta permite fundamentalmente que los mercados permanezcan líquidos y que existan operadores (*market-makers*) capaces de comprar o vender cualquier opción, dado que pueden cubrir sus posiciones abiertas de manera inmediata *tradeando* con el activo subyacente.

## 5. Referencias bibliográficas

- Abelleira, D., Verón, S., Banchemo, S., Mosciaro, J., Franzoni, A., Boasso, M., Valiente, S., Puig, O., Goytía, Y., Iturralde Elortegui, M., Maidana, D., Martini, J., Murray, F., Marini, F., Propato, T., Ferraina, A., Gomez, C., Sarraillhe, S., Petek, M., Mesa, J., Kurtz, D., Perucca, R., Benedetti, P., Muñoz, S. y Volante, J. (2020). *Mapa Nacional de Cultivos. Campaña 2019/2020*. Versión 1. Publicación N°2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Bengtsson, C. (2013). *Estrategias de cobertura de riesgos en mercados no desarrollados. El caso de los productores agrícolas del Uruguay*. Universidad de San Andrés. Departamento Académico de Administración.
- Bini, F., Caruso, L., Fernández, D., Grignafini, A., Más, D. y Silvestri, L. (2000). *Lecturas sobre la comercialización de granos*. Bolsa de Comercio de Rosario, Rosario, Argentina.
- Black F. y Scholes M. (1973). *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. Journal of Political Economy: Vol. 81, No. 3 (May - Jun., 1973), pp. 637-654 (18 pages). The University of Chicago Press.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2017a). *Comercialización de Granos*. La Bolsa de Comercio de Rosario. Rosario, Argentina.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2017b). *Introducción a los futuros y opciones*. La Bolsa de Comercio de Rosario. Rosario, Argentina.
- Calzada, J. (2019). *Importancia económica del sector agropecuario y agroindustrial en la República Argentina*. Dirección de Informes y Estudios Económicos. Bolsa de Comercio de Rosario. Rosario, Argentina.
- Carrasco Vanegas J.L. y Barrios Potoy M.J. (2017). *Administración de Riesgo y Teoría de Cartera*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua.
- Díaz-Tinoco J. y Vanegas-Martínez F. (2001). *Política agrícola y contratos de futuros: un modelo de arbitraje*. Momento Económico. México.
- Ederington L. (1979). *The Hedging Performance of the new futures Markets: Additional Evidence*. The Journal Of Finance, Vol XXXIV, N° 1. Estados Unidos.
- Fisanotti, L. (2014). *Antecedentes históricos de los mercados de futuros y opciones: cobertura y especulación*. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano. Argentina.

- Guardado Choto, D. (1999). *Los derivados financieros y mercados de productos agrícolas*. Universidad de El Salvador. San Salvador.
- Gujarati D. y Porter D. (2010). *Econometría*. Editorial Mc Graw Hill. 5° edición. México.
- Hull, J. (2009). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. 6° edición. Editorial. Pearson Educación. México. (Orig. 2008).
- Hull, J. y White A. (2017). *Optimal delta hedging for options*. Journal of Banking and Finance. University of Toronto. Canadá.
- Krugman P., Obstfeld M. y Melitz M. (2016). *Economía Internacional: Teoría y Política*. 10° edición. Editorial Pearson Educación. España.
- Levin, R. y Rubin, D. (1996). *Estadística para Administradores*. 6° edición. Editorial Prentice Hall. México.
- López Lecube, N. (2013). *Análisis de la intervención Estatal en la Comercialización de Trigo en la República Argentina, desde el año 2005 hasta el año 2010*. Universidad de San Andrés.
- MATBA-ROFEX S.A (2020). *Operaciones Combinadas*. Aviso N° 520. Rosario. Argentina.
- Miliozzi C. (2011). *Los derivados financieros como instrumentos para neutralizar la volatilidad de los precios de los commodities. Caso particular: Contratos de Futuros de Trigo, Soja, Maíz y Girasol en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Oro, J. (2004). *Derivados Financieros*. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Revista Márgenes Agropecuarios (2020). *Márgenes Agropecuarios: los números del campo*. Año 36 – N° 425 – Noviembre 2020. ([www.margenes.com](http://www.margenes.com)). Argentina.
- Rossi, G. (2013). *La volatilidad en mercados financieros y de commodities. Un repaso de sus causas y evidencia reciente*. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano. Argentina.
- Stampfli J. y Goodman V. (2002). *Matemáticas para finanzas. Modelado y cobertura*. Thompson Learning. México.

- Tarzia, Domingo Alberto (2020). *Métodos Numéricos y de Simulación con Aplicación a la Valuación de Derivados: Relaciones Básicas de las Opciones de Compra y de Venta Europeas y Americanas*. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.



## 6. Anexo

### 6.1. Modelo de regresión lineal simple

El siguiente tema se estudiará de acuerdo a Gujarati y Porter (2010), y Levin y Rubin (1996).

Cuando se analiza a dependencia de una variable (explicada o dependiente) respecto de una única variable explicativa o independiente se está en presencia de un análisis de regresión simple.

Suponga que se toma una muestra aleatoria de una población de datos, con ella se tratará de aproximar a la curva de regresión poblacional, pero dadas las fluctuaciones muestrales, es posible que la curva estimada no la represente con exactitud, sólo de tendrá una aproximación.

Se define a la función de regresión muestral estimada como:

$$\hat{y}_i = a + bx_i$$

Donde:

- $\hat{y}_i$ : estimador de la variable explicada o dependiente.
- $a$ : estimador de la ordenada al origen.
- $b$ : estimador de la pendiente de la recta, indica la variación porcentual de  $\hat{y}_i$  cuando varía  $x_i$ .
- $x_i$ : variable independiente o explicativa.

Así, se obtuvo una fórmula para estimar los parámetros poblacionales a partir de información suministrada por una muestra (inferencia estadística).

En su forma estocástica, la función de regresión muestral se define:

$$y_i = \text{patrón} + \text{error}$$

$$y_i = \hat{y}_i + \text{error}$$

$$y_i = a + bx_i + u_i$$

donde  $u_i$  es el estimador del componente aleatorio o no sistemático, que es un sustituto de las variables omitidas en el modelo, pero que afectan a  $y_i$ .

La función de regresión poblacional que se trata de conocer, se define:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i$$

donde:

- $Y_i$ : variable explicada o dependiente.
- $\alpha$ : ordenada al origen.
- $\beta$ : pendiente de la recta.
- $X_i$ : variable independiente o explicativa.

El objetivo del análisis de regresión es la estimación o predicción del valor medio de una variable ( $Y_i$ ) con base a valores fijos de otra ( $X_i$ ).

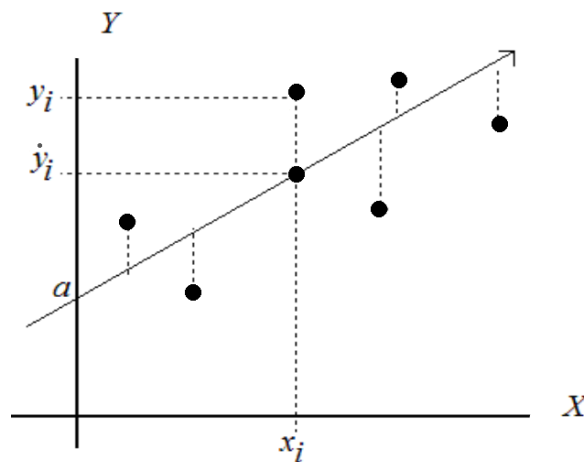
### 6.1.1. Estimación de la recta: mínimos cuadrados

Matemáticamente se debe hallar una única recta que minimice la suma de los errores al cuadrado:

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i)^2$$

Se eleva al cuadrado para darle más relevancia a los errores significativos y para cancelar el efecto de los valores positivos y negativos.

#### *Estimación de la recta de regresión*



Fuente: elaboración propia

### 6.1.2. Coeficiente de determinación $R^2$

El coeficiente de determinación  $R^2$  es una medida que indica la bondad del ajuste. Dice cual es variación total de  $Y$  explicada por el modelo de regresión. Matemáticamente:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Es el cociente entre la variancia en  $\hat{y}_i$  y la variancia en  $y_i$ .  $\bar{y}$  es el valor medio o esperado de  $y$ .

### 6.1.3. Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación indica el grado de asociación lineal entre las variables, pero no indica bajo ningún punto de vista, causalidad. Matemáticamente:

$$\rho_{XY} = \rho_{YX} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

## 6.1.4. Pruebas de hipótesis y análisis de variancia

### 6.1.4.1. Prueba $F$

La prueba  $F$  se utiliza para conocer la bondad o significancia del modelo de regresión. Es un test para evaluar la capacidad explicativa de  $X$  sobre  $Y$ .

$F$  es un estadístico para verificar  $H_0) \beta = 0$ . Se debe calcular  $F$  y compararlo con el valor crítico de  $F$  u obtener el  $p$ -value de  $F$ .

Cuando se rechaza la hipótesis nula se dice que el hallazgo es estadísticamente significativo. Cuando no se rechaza, se dice que el hallazgo no es estadísticamente significativo.

Las hipótesis son:

$H_0) \rightarrow$  El modelo no tiene capacidad explicativa (hipótesis nula).

$H_1) \rightarrow$  El modelo tiene buena capacidad explicativa (hipótesis alternativa).

Si  $F (p - value^{59}) < 0,01$  se rechaza la hipótesis nula, por lo que el hallazgo es estadísticamente significativo.

### 6.4.1.2. Prueba $t$

Es una prueba complementaria para verificar si  $\beta = 0$  y  $\alpha = 0$ . Si  $p - value < 0,01$  en ambos coeficientes se rechaza la hipótesis nula de que  $H_0) \beta = 0$  y  $H_0) \alpha = 0$ . Así, los coeficientes que se han puesto a prueba serán significativamente distintos de cero.

---

<sup>59</sup> Es la probabilidad de conseguir un estadístico  $F$  tan grande como el hallado si  $\beta = 0$