



ANÁLISIS DE LA CONVENIENCIA DE LA COBERTURA DE RIESGO DE PRECIOS CON OPCIONES EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA A TRAVÉS DE SIMULACIONES¹

Sergio Luis Olivo

Universidad del Cema –UCEMA y Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ciencias Económicas. Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

solivo@sobc.com.ar

Resumen

Recibido: 07/2018

Aceptado: 11/2018

Palabras clave

Riesgo.

Instrumentos de cobertura.

Opciones sobre futuros

agrícolas.

La operatoria con opciones sobre futuros no necesariamente redundará en un mayor beneficio para un productor agropecuario que no desee especular, sino solamente cubrirse de los riesgos de variación de los precios. Los contratos de futuros brindan por un lado la seguridad de la fijación del precio de venta, pero al mismo tiempo -y como lógica contrapartida- le impiden beneficiarse con la eventual apreciación que el productor lograría, sin cobertura, en el caso que los precios se muevan a su favor. En el caso que el productor decidiera operar con opciones, tendrá la ventaja de poder vender a un precio fijo mínimo sin necesidad de resignar la eventual ganancia que se obtendría en el caso que los precios se muevan a su favor. Sin embargo, los eventuales beneficios de esa “mejor” cobertura en ocasiones no son suficientes para compensar sus costos. Sobre todo en los casos en que algún evento adverso (clima, plaga, etc.) disminuya sus rindes, pueda derivar en una sobre-cobertura.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

¹ La compilación de trabajos del presente volumen de la Revista de Investigación en Modelos Financieros, del que forma parte este artículo, fue realizada por Gustavo Tapia.

AN ANALYSIS OF THE CONVENIENCE OF HEDGING PRICE RISK WITH OPTIONS IN THE AGRICULTURE SECTOR VIA SIMULATION

Olivo Sergio Luis

Universidad del Cema –UCEMA y Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ciencias Económicas. Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

solivo@sobc.com.ar

Abstract

KEYWORDS

Risk.

Hedging instruments.

Options on agricultural futures.

The operation with options on futures will not necessarily result in a greater benefit for an agricultural producer who doesn't want to speculate, but only to cover the risks of variation in prices. Futures contracts provide on the one hand the security of the setting of the sale price, but at the same time - and as a logical counterpart - they prevent it from benefiting from the eventual appreciation that the producer would achieve, without coverage, in the event that prices move in your favor. In the event that the producer decides to operate with options, he will have the advantage of being able to sell at a minimum fixed price without having to resign the possible profit that would be obtained in the event that the prices move in his favor. However, the eventual benefits of that "better" coverage are sometimes not enough to offset their costs. Especially in cases in which an adverse event (weather, plague, etc.) decreases their yields, may lead to over-coverage.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

INTRODUCCIÓN

Las estrategias de cobertura del riesgo de variación de los precios utilizando opciones, muy usuales en la actividad financiera, no pueden ser aplicadas a la actividad agropecuaria esperando tener idénticos resultados. Es que en el resultado final de la actividad agropecuaria, no sólo inciden muchas más variables que en otras actividades, sino que algunas de ellas son más complejas de predecir (como por ejemplo, los rindes afectados por factores climáticos).

En este trabajo, y por medio de una simple simulación, demostraremos como, en ciertas circunstancias, es más conveniente “no cubrirse” que “cubrirse” del riesgo de variación de los precios.

La operatoria con futuros y opciones tiene básicamente a dos grupos como protagonistas. Aquellos que operan con el ánimo de cubrirse de determinados riesgos (llamados “*hedgers*”) y aquellos que aceptan tomar el riesgo que los *hedgers* desean transferir a cambio de tener la posibilidad de obtener una ganancia (los “especuladores”). La base de la operatoria con contratos de futuros reside, justamente, en la transferencia del riesgo desde “el que se cubre” -o “*hedger*”- hacia el especulador. Efectivamente, el especulador se hace cargo del riesgo de variación de los precios y el “*hedger*” se asegura un precio fijo al momento de tomar la cobertura, independientemente de los precios que vaya a alcanzar el activo subyacente al cabo del tiempo que transcurre hasta el vencimiento del contrato.

1. FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DE COBERTURA

Imaginemos el caso de un productor agropecuario que arrienda un campo con el objeto de producir maíz y desea cubrirse del riesgo de las variaciones de precio de dicho *commodity*. Una explicación para mostrar cómo funciona el mecanismo de cobertura es la siguiente: el productor agropecuario de nuestro ejemplo prevé tener al fin de la presente campaña, 1.000 Tn. de maíz para vender. Al momento de decidir la siembra, los futuros de maíz cuyo vencimiento opera aproximadamente a la misma fecha de la cosecha están cotizando a u\$s 150 por tonelada. El productor estima que es un buen precio y decide asegurárselo. A tal fin, vende 10 contratos de futuros de maíz a 150 dólares la tonelada. Dado que el activo subyacente de cada contrato es de 100 Tn., vender 10 contratos equivale a haber vendido 1.000 Tn.

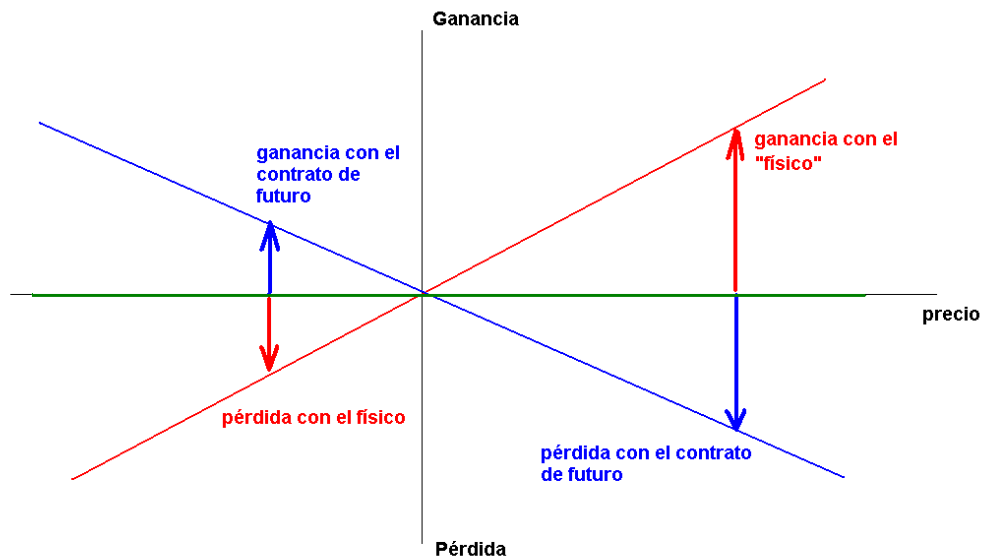
Al momento de la cosecha, el productor de nuestro ejemplo tendrá, por un lado, 1.000 Tn. de maíz que acaba de cosechar, y por el otro lado, 1.000 Tn. vendidas en el mercado de futuros.

Supongamos ahora que, al momento de la cosecha, el precio del maíz se encuentra en u\$s 120. Respecto del precio al cual el productor pensaba vender, el maíz experimentó una caída de u\$s 30. Si u\$s 150 era el precio de equilibrio para el cual “cerraban” sus números, podríamos decir entonces que con un precio de u\$s 120 su posición física (el maíz cosechado) le originará una pérdida de u\$s 30 dólares por tonelada. Sin embargo, por otro lado, su posición en futuros se ha valorizado en 30 dólares (tener un contrato vendido originalmente en u\$s 150 ahora que la mercadería física tiene un precio de sólo u\$s 120 le originará una ganancia de u\$s 30). Por lo tanto, la pérdida de u\$s 30 en su posición física se compensa exactamente con la ganancia de sus contratos de futuros. U\$s 120 dólares (que es el precio al cual podrá vender el maíz cosechado) más u\$s 30 de ganancia en el mercado de futuros equivalen a haber vendido el maíz a u\$s 150, exactamente el precio que había fijado.

Supongamos ahora que, al momento de la cosecha, el precio del maíz se encuentra en u\$s 180. Respecto del precio al cual el productor pensaba vender, el maíz experimentó una suba de u\$s 30. Si u\$s 150 era el precio de equilibrio para el cual “cerraban” sus números, podríamos decir entonces que con un precio de u\$s 180 su posición física (el maíz cosechado) le originará una ganancia de u\$s 30 dólares por tonelada. Sin embargo, por otro lado, su posición en futuros se ha desvalorizado en 30 dólares (tener un contrato vendido originalmente en u\$s 150 ahora que la mercadería física tiene un precio de u\$s 180 le originará una pérdida de u\$s 30). Por lo tanto, la ganancia de u\$s 30 en su posición física se compensa exactamente con la pérdida experimentada por sus contratos de futuros. U\$s 180 dólares (que es el precio al cual podrá vender el maíz cosechado) menos u\$s 30 de pérdida en el mercado de futuros equivalen a haber vendido el maíz a u\$s 150, exactamente el precio que había fijado.

En el siguiente gráfico se observa, en color azul, las ganancias y pérdidas que experimentará el productor a raíz de su posición vendida (*short*) en el mercado de futuros. Si aumenta el precio del *commodity*, su posición en futuros se depreciará, pero si el precio del *commodity* disminuye, su posición en futuros se apreciará. En forma idéntica, aunque en sentido contrario, evolucionará su posición física. Si el precio del *commodity* aumenta, el valor de su posición física aumentará, y disminuirá si el precio del *commodity* disminuye. Las ganancias de uno compensan exactamente las pérdidas del otro, por lo tanto, el precio final a recibir por el productor (en nuestro gráfico la línea de color verde) permanece inalterable, independientemente del valor que tenga el maíz al momento de la cosecha y posterior venta.

Gráfico 1. Ganancia (pérdida) del activo físico y del contrato de futuros



Fuente: Elaboración propia.

2. FIJAR EL PRECIO IMPLICA NO PERDER, PERO TAMPOCO GANAR

Si el precio del maíz en el mercado, al cabo del tiempo transcurrido entre la decisión de sembrar y el momento de la cosecha, hubiera subido en lugar de haber bajado, el productor de nuestro ejemplo, no hubiera experimentado ninguna pérdida, pero al mismo tiempo hubiera dejado de ganar la diferencia a favor que experimentó el precio. Operando en el mercado de futuros ha fijado su precio de venta y “quedó comprometido” el mismo. Esta “desventaja” de los contratos de futuros dio lugar a que surgieran los contratos de opciones como cobertura, en lugar de la cobertura con contratos de futuros. La cobertura con opciones es mucho más efectiva dado que -como la palabra lo indica- le da a su titular la “opción”, y no la obligación, de ejercer un determinado derecho. Ese derecho será ejercido sólo en el caso en que las condiciones del mercado lo hagan conveniente. En nuestro ejemplo, el productor debería haber comprado un contrato “*put*” (opción de venta), contrato que le da el derecho (pero no la obligación) a vender determinada cantidad de un activo subyacente a un determinado precio. Nuestro productor hubiera ejercido su derecho sólo en el caso que el precio del maíz hubiera caído, asegurándose así poder vender a un precio más alto que el precio del mercado. Pero, si al cabo del momento de la cosecha, el precio del maíz hubiera subido en lugar de haber bajado, el productor no hubiera ejercido su derecho (no está obligado a hacerlo); hubiera vendido el maíz al precio de mercado (más alto que el precio de ejercicio de su contrato de opción) y de ese modo no hubiera dejado de ganar esa diferencia a favor. Podemos decir entonces, que operar con contratos de futuros fija el precio de venta y consecuentemente elimina el riesgo de variación de los mismos. Sin embargo, la contrapartida de esa eliminación es “dejar de ganar” en el caso que los precios hubieran evolucionado de tal modo que favorezcan al productor. Esa desventaja de los contratos de futuros se resuelve fácilmente operando con contratos de opciones.

Operando con contratos de futuros, los deberes y obligaciones de las partes están en equilibrio. Una parte está obligada a comprar (y pagar un precio) y la otra está obligada a entregar el activo subyacente (y recibir el precio). Pero en el caso de las opciones, ese equilibrio desaparece. En el caso de un contrato “*put*” una parte tiene el derecho de vender, pero no está obligada a hacerlo. Mientras tanto, la contraparte, está obligada a comprar. La forma de “saldar” esta “desigualdad” es que una de las partes (la que tiene el derecho, o “titular”) abone una suma de dinero a la otra parte (la que queda obligada, o “lanzador”). Dicha suma de dinero se denomina “prima” y no constituye un pago a cuenta de la operación, sino sólo un pago por tener determinado derecho. Podemos decir entonces que los contratos de opciones tienen un costo y los contratos de futuros no ².

Existen, además, otros inconvenientes derivados de la operatoria con contratos de futuros. Por ejemplo, el llamado riesgo de redondeo, que aparece cuando, en función de mi estimación de cosecha, deseo cubrirme por una cantidad de toneladas que no coinciden exactamente con la cantidad de toneladas subyacentes a los contratos con los que me cubrí. Habitualmente, el activo subyacente de un contrato de futuro es de 100 toneladas. Podrá accederse a una cobertura para cantidades de toneladas que vayan de cien en cien, siendo imposible cubrirse para cantidades menores (fracciones de cien).

Otro riesgo, el llamado riesgo de base, aparece cuando hay una diferencia temporal entre el momento de liquidar el contrato de futuros y el momento de liquidar el activo físico. La base es

² En realidad existe un “costo de oportunidad” al operar con futuros, que es el interés que se pierde por el hecho de tener que dejar dinero inmovilizado como garantía del cumplimiento del contrato de futuro, más las comisiones que cobra el *broker*. Nosotros no los estamos tomando en cuenta porque no son significativos y además no hacen a la esencia de lo que queremos probar.

la diferencia entre el precio del futuro y el precio del activo físico en el mercado *spot*³. Cuanto mayor sea la diferencia de tiempo entre la liquidación del contrato y la liquidación del físico, mayor será la diferencia de precios y mayor el riesgo de base⁴.

Sin embargo, estos dos últimos inconvenientes que hemos mencionado (riesgo de redondeo y riesgo de base) son realmente de menor importancia comparados con otro inconveniente que los contratos de futuros no logran resolver. ¿Qué sucedería con el productor de nuestro ejemplo si, habiéndose cubierto por medio de un contrato de futuros, tiene algún problema con la producción (sequía, inundación, plaga, etc.) que impide que alcance el nivel de producción que había estimado? Dicho de otro modo, ¿existe algún riesgo que se derive del hecho de estar “sobrecubierto”? En este caso, habiendo vendido a futuro, tiene la obligación de entregar el activo subyacente al vencimiento del contrato. Si no puede hacerlo (por las causas que fueran) puede, antes que venza el contrato, transferirle la obligación a otro productor, abandonando su posición “vendida”. Pero ello podría originarle severas pérdidas si los precios no hubieran evolucionado a su favor. Con lo cual, a las pérdidas originadas por factores no controlables (sequía, plaga, etc.) se le sumará la pérdida experimentada en el mercado de futuros. Este es otro motivo por el cual las opciones brindan mucha mejor protección. Pero esa mejor protección tiene un costo.

3. PARTICULARIDADES DE LOS PRECIOS DE LOS *COMMODITIES* Y SU SIMULACIÓN

A diferencia de lo que sucede con los precios de las acciones, los precios de mercado de los *commodities* tienen una mayor relación con lo que podríamos llamar su “valor fundamental”, mucho más aún en el caso de los *commodities* agropecuarios. Definimos como “valor fundamental” al precio de equilibrio que surgiría de la relación entre oferta, demanda, stocks, variables climáticas, etc.

En el caso particular de los precios agrícolas ya hay quienes han expuesto las dificultades inherentes a su simulación⁵. Hay quienes basan su proceso de simulación de los precios en forma indirecta. Por ejemplo, Menichini y Lazzati⁶ modelan el comportamiento de los precios partiendo de una relación entre el precio promedio regional al momento de cosecha, el precio de los futuros al momento de la siembra con vencimiento al momento de la cosecha y la producción nacional al momento de cosecha. Otros basan su simulación en los precios y volatilidades históricas⁷ en un proceso –esta opinión corre por cuenta nuestra– más parecido al cálculo de una distribución de los precios más que a una simulación en sí misma. En nuestro caso en cambio, nos inclinamos por aquellos modelos que suelen aplicarse para la simulación de activos financieros (típicamente, de acciones), pero adaptándolos para su empleo en la simulación de los precios de *commodities*.

En el marco de un mercado eficiente, en términos diarios, no hay diferencias entre la composición de los precios de una acción y de un *commodity*. En líneas generales –y en plazos de tiempo relativamente cortos– para calcular el probable precio del día siguiente de un *commodity* partiendo de la base de su precio del día anterior se puede aplicar sin inconvenientes el modelo geométrico

³ El mercado *spot* es donde las transacciones se abonan al contado y la entrega de la mercadería es inmediata.

⁴ Para profundizar en los riesgos a que se exponen los “*hedgers*” en la operatoria con futuros puede verse, entre otros: John C. Hull (2018).

⁵ Amilcar Menichini y Natalia Lazzati (sin referencia de fecha/año), “*Modelo De Simulación de Ingresos para el Agro*”, Bolsa de Comercio de Rosario.

⁶ Menichini y Lazzati, *op.cit.*

⁷ R. Andrés Ferreyra, Guillermo P. Podestá, Carlos D. Messina, David Letson, Julio Dardanelli, Edgardo Guevara, y Santiago Meira (2000), “*A linked-modeling framework to estimate maize production risk associated with ENSO-related climate variability in Argentina*”, Agricultural and Forest Meteorology.

browniano (MGB) ^{8 9}. Pero considerando períodos de tiempo más extensos, aparecen algunas diferencias. Es que en la evolución de los precios de los *commodities*, a diferencia que en el caso de las acciones, se advierte estacionalidad. Está probado que los precios de los *commodities* se mueven en ciclos ¹⁰. Asimismo, en los *commodities* también se advierte un fenómeno de *mean reversion* (reversión a la media) mucho más marcado que en el caso de otros activos financieros. Distintos estudios avalan este fenómeno. Por ejemplo Schwartz y Smith ¹¹ desarrollaron un modelo de dos factores que permite probar la existencia de *mean reversion* en el corto plazo. También puede consultarse al respecto el trabajo de Reinhold Hafner y Maria Heiden ¹² con abundantes datos estadísticos acerca de los precios de distintos *commodities*.

En nuestro caso utilizamos un modelo basado en el MGB con las siguientes variables:

- Una variable aleatoria que representa el precio del activo.
- Una variable para representar el valor inicial del activo.
- Una variable para representar el rendimiento esperado del activo.
- Una variable para representar la volatilidad de los precios del activo.

La explicación detallada de la aplicación del modelo basado en el MGB para el caso específico de los *commodities* se puede encontrar en Olivo (2017)¹³.

En este caso en particular, asumiremos que el rendimiento esperado de los precios durante el tiempo de la cobertura será igual a cero, lo que equivale a decir que se espera que los precios se encuentren en el mismo nivel que al inicio de la cobertura al cabo de la misma (o sea, al vencimiento del contrato). Por lo tanto, la variable que representa el rendimiento esperado del activo será igual a cero. Esto lo hacemos porque estamos queriendo simular el caso de un productor agropecuario que tiene “en mente” al actual precio como referencia del precio más probable al momento de la cosecha.

Teniendo en cuenta esa expectativa de variación de los precios nula, un valor inicial “x” (en nuestro caso, como veremos seguidamente, de u\$s 148) y la volatilidad histórica del maíz (que es el *commodity* que utilizaremos a modo de ejemplo), la distribución que mejor representa este escenario es una distribución triangular con una media de u\$s 148 (el actual precio) un mínimo de u\$s 125 y un máximo de u\$s 173.-

También podríamos ofrecer una explicación intuitiva para la elección de dicha distribución: Habitualmente, al momento de decidir la siembra, el precio al cual se hacen los cálculos de factibilidad del negocio es el precio actual (si se nos permite la expresión, en la “cabeza” del

⁸ Respecto de las limitaciones en la aplicación del modelo geométrico browniano al caso específico de los *commodities*, puede verse: Calum G. Turvey y Gabriel Power, “*The Confidence Limits of a Geometric Brownian Motion*”, Department of Applied Economics and Management Cornell University.

⁹ Entre los múltiples trabajos que explican el MGB recomendamos, Simon Benninga (2000), “*Financial Modeling*”, Massachusetts Institute of Technology.

¹⁰ Véase, por ejemplo: Hernán Ricci (2001), “*Análisis de los ciclos en commodities agrícolas*”, Bolsa de Comercio de Rosario y también: Natalia Lazzati y Juan Manuel Pacheco (2004), “*Análisis de la Evolución del Componente Estacional del Precio de la Soja en Argentina*”, Bolsa de Comercio de Rosario.

¹¹ Eduardo Schwartz y James E. Smith (2000), “*Short-Term Variations and Long-Term Dynamics in Commodity Prices*”, University of California, Los Angeles.

¹² Reinhold Hafner y Maria Heiden, “*Statistical Analysis of Commodity Futures Returns*”, capítulo 9 del libro “*The Handbook of Commodity Investing*” de Frank Fabozzi, Roland Füss y Dieter G.Kaiser

¹³ Olivo, Sergio Luis, “Una propuesta de simulación de *commodities* con retorno a la media”, XXXVII Jornadas Nacionales de Administración Financiera, Valle Hermoso, Córdoba, Septiembre 2017. http://www.sadaf.com.ar/espanol/publicaciones/publicacion_individual.php?id=306

productor agropecuario, el precio actual “es” el precio que se reconoce como el que más probablemente se obtendrá al cabo de la cosecha). Pero ese no será el único precio en consideración sino que también tendrá en mente al “mejor” y al “peor” precio de las últimas campañas. Es claro que esta forma de pensar en los posibles precios coincide con una distribución de tipo triangular. Esa misma distribución triangular es la que fundamentan Ferreyra, Podestá, Messina, Letson, Dardanelli, Guevara, y Meira ¹⁴ aunque en este caso el precio más probable no es el precio actual sino algo más parecido a la media histórica de los mismos.

4. UN MODELO DE SIMULACIÓN

La pregunta que nos hicimos es: ¿El costo de operar con contratos de opciones es adecuado a la mayor protección que brindan? A continuación desarrollaremos un modelo de simulación de Montecarlo ¹⁵ donde probaremos que la respuesta es: en algunas ocasiones, no.

La simulación de Montecarlo es una técnica que se basa en simular los datos reales a través del estudio de una muestra que se ha generado de forma aleatoria. Sin embargo, se procurará que los datos de la muestra generados aleatoriamente sigan la misma distribución que los datos reales.

En el siguiente ejemplo simularemos el resultado final que podrá alcanzar un productor de maíz que arrienda un campo de 1.000 Ha. comprometiéndose a pagar por su explotación un arrendamiento fijo de 180 dólares por Ha.

En nuestro ejemplo, el actual precio del maíz es de u\$s 148 x Tn. siendo este el precio que el productor considera como el “más probable” al momento de la cosecha. Sin embargo, existe la posibilidad que al momento de la cosecha la Tn. de maíz se comercialice a u\$s 125 x Tn. (escenario pesimista) como así también a u\$s 173 (escenario optimista).

Dichos precios (hipótesis de máxima e hipótesis de mínima) surgen de analizar la información histórica de los precios del maíz. Además, y en función también de esa información histórica, se supone que la mejor distribución para representar la expectativa de los precios al momento de la cosecha es una distribución de tipo triangular. En esta distribución, la mayor probabilidad coincide, justamente, con el precio más probable, y a medida que nos vamos alejando hacia arriba o hacia abajo de ese precio “más probable” las probabilidades van descendiendo en forma lineal.

Téngase bien en cuenta que no estamos planteando una distribución de los retornos de los precios -en cuyo caso, la distribución debería ser de tipo lognormal ¹⁶- sino una distribución de los precios en sí mismos.

La distribución que utilizaremos para simular los precios será de tipo triangular, por los motivos explicados anteriormente. Si todo se desarrolla con normalidad – esto es, si no se presentan contingencias climáticas extremas y los rindes son los normales- el productor espera alcanzar un rendimiento de 6.71 Tn. por Ha. (señalado en la planilla). Asimismo, si al momento de la cosecha

¹⁴ Véase, R. Andrés Ferreyra, et al. (2000).

¹⁵ Para una explicación detallada de la simulación de Montecarlo puede verse, entre otros: I.M. Sobol, “Método de Montecarlo”, Ed. MIR, Moscú (1976). Peter Jäckel, “Montecarlo Methods in Finance”, John Wiley & Sons (2002). Paolo Brandimarte, “Handbook in Monte Carlo simulation”, Wiley (2014)

¹⁶ Para una explicación sobre la distribución lognormal de los precios de los *commodities*, puede verse: Helyette Geman (2005). Si bien la distribución lognormal es la más utilizada, hay estudios que sugieren que la distribución podría ser otra. Cashin y McDermott utilizaron la serie de precios de commodities más larga que existe (The Economist’s index of industrial commodity prices, entre 1862 y 1999) y en base a ella obtuvieron una distribución empírica semejante a una normal, con una media apenas por debajo de cero y colas anchas, especialmente la cola izquierda (variaciones negativas de precios). Véase Paul Cashin and C. John McDermott, “The Long-Run Behavior of Commodity Prices”, IMF Working paper, (2001).

los precios se encuentran en el nivel “esperado”, el productor espera a su vez poder vender su producción a un precio de 148,7 dólares por Tn. (también señalado en la planilla). Descontados todos los costos directos e indirectos, se espera alcanzar un resultado final de 196,2 dólares por Ha., o sea, u\$s 196.174 dólares en total sin recurrir a ninguna cobertura (señalado en la planilla)¹⁷.

Se supone que nos encontramos decidiendo la siembra de maíz entre fines de agosto y principios de setiembre y que la cosecha será en marzo. O sea, de decidir cubrirnos comprando un “put” estamos a 6 meses del vencimiento del mismo.

Figura 1. Planilla de análisis

A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ejercicio de simulación: Arrendamiento de un campo para siembra de Maíz						
2							
3	Superficie a arrendar	1.000	Ha.				
4							
5	Expectativa de Precios	u\$s/Tn.		Datos para la cobertura con un Put			
6	Escenario Pesimista	125		Precio ejercicio	145	u\$s/Tn.	
7	Precio más Probable	148		Prima	6	u\$s/Tn.	
8	Escenario Optimista	179		Contratos (100 ton)	0		
9	Esperado	148,7					
10							
11							
12	Rendimiento Esperado (Tn./Ha.)						
13	Escenarios	Hipótesis de Mínima	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Hipótesis de Máxima
14	Probabilidades		15%	25%	50%	10%	
15	Rangos (desde - hasta)		4.5 - 5.5	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	7.5 - 9.0	
16	Puntos medios	4,5	5	6	7	8,25	9
17							
18	Rendimiento esperado		6,71				
19							
20			/Ha.	Total			
21	Tn. Totales producidas		6,71	6.706,3			
22	Tn. con cobertura		0,00	0,0			
23	Tn. sin cobertura		6,71	6.706,3			
24	\$/Tn. con cobertura		148,67	148,67			
25	\$/Tn. sin cobertura		148,67	148,67			
26	Ingreso Bruto sin cobertura		997,0	997.003			
27							
28			\$/Ha.	u\$s			
29	Ingreso Bruto		997	997.003			
30							

Fuente: Elaboración propia.

¹⁷ Las probabilidades de los distintos escenarios, los rindes, y los costos y gastos (fletes, comisiones, laboreo, semillas, agroquímicos, etc.) son los que habitualmente se manejan en el análisis y evaluación de este tipo de explotaciones agrícolas. No las fundamentaremos en honor a la brevedad del trabajo y porque no hacen a la esencia del mismo

Figura 1 continuación

	A	B	C	D	E	F
28				\$/Ha.	u\$s	
29		Ingreso Bruto		997	997.003	
30						
31						
32		Fletes	30,0	201	201.189	
33		Comisiones	5%	50	49.850	
34		Gastos Comercialización		251	251.039	
35						
36		Gastos Cosecha	7,0%	70	69.790	
37						
38		Ingreso Neto sin cobertura		676	676.174	
39						
40		Laboreo		60	60.000	
41		Compra Semillas		90	90.000	
42		Agroquímicos		70	70.000	
43		Fertilizantes		70	70.000	
44		Gastos Cultivo		290	290.000	
45						
46		Gs Cobertura (compra Puts)		0	0	
47						
48						
49		Margen Bruto		386	386.174	
50						
51						
52		Arrendamiento (u\$s 180 fijos x Ha.)		180	180.000	
53		Administración		10	10.000	
54						
55		Resultado		196,2	196.174	
56						

Fuente: Elaboración propia.

Supongamos ahora que el productor de nuestro ejemplo decide cubrirse de la eventualidad de que el precio del maíz se sitúe por debajo de los u\$s 148 (el precio más probable). Pero además desea evitar las desventajas derivadas de la operatoria con futuros, donde, como vimos, fija el precio, pero como contrapartida pierde toda posibilidad de suba. Entonces el productor apela a una mejor cobertura (aunque obviamente más costosa) y decide cubrirse comprando opciones de venta (“puts”) con un precio de ejercicio ligeramente inferior al precio más probable. Así, compra *puts* con un precio de ejercicio de u\$s145, pagando u\$s 6 dólares de prima ¹⁸ por cada contrato (al igual que en el caso de los futuros, cada contrato equivale a 100 Tn.).

Dado que, como vimos, se espera alcanzar un rendimiento por Ha. de 6,71 Tn. (lo que equivale a una producción total de 6.710 Tn.) se decide comprar 67 contratos. Como cada contrato equivale a 100 Tn., 67 contratos equivalen a 6.700 Tn. con lo cual estará cubierto por la casi totalidad de la producción esperada.

Como consecuencia de la compra de los *puts*, el resultado final esperado disminuye a 156 dólares por Ha., o sea, 156.000 dólares en total. El costo total de la cobertura con *puts* es de poco más de 40 mil dólares (67 contratos de 100 Tn. cada uno a un precio de u\$s 6 por contrato).

¹⁸⁾ Según un relevamiento propio, 6 dólares es –aproximadamente– el valor de la prima de los *puts* cuyo precio de ejercicio se encuentra muy cerca de la cotización del activo subyacente (o sea, *puts* que están muy cerca de estar “ITM” (*in-the-money*)) restando aproximadamente 6 meses para su vencimiento; Fuente: <http://datacenter.matba.com.ar/ajustesdc.aspx> (en la solapa correspondiente a opciones).

Con esta cobertura, el productor del ejemplo se asegura un precio mínimo de venta de u\$s 145 por tonelada, pero en caso que al momento de la cosecha el precio del maíz se encuentre por encima de ese valor no estará obligado a ejercer su opción de venta, pudiendo capturar así toda la potencial suba.

5. EXPLICACIÓN DETALLADA DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Los códigos que se detallan a continuación se refieren a las celdas de la planilla de Excel© donde se llevó a cabo la simulación.

C3: Es la cantidad de hectáreas a sembrar y/o cosechar, en nuestro ejemplo, 1.000 Ha.

C6 a C8: Muestra las distintas hipótesis de variación del precio al momento de la cosecha

C6: Precio esperado para un escenario pesimista

C7: Precio más probable

C8: Precio esperado para un escenario optimista

C9: Tal lo explicado, se supone una distribución triangular para los precios del maíz, en donde el mínimo de la distribución es igual al precio del escenario pesimista, el máximo es igual al precio del escenario optimista y el valor medio de la distribución corresponde al precio del escenario más probable.

G6: Es el precio de ejercicio del *put* que se comprará para la cobertura. Adviértase que el precio de ejercicio se encuentra ligeramente por debajo del precio “más probable” (apenas 3 dólares por debajo) brindando así una muy buena cobertura.

G7: Es el valor de la prima pagada por la compra del *put*, en nuestro ejemplo de 6 dólares. Dicho valor coincide aproximadamente con el precio de un *put* en la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (véase la nota al pie número 7).

G8: Corresponde a la cantidad de contratos comprados. Como hemos visto, el activo subyacente de cada contrato es de 100 Tn. y el rendimiento esperado de nuestro ejemplo es de 6.706 Tn. (ver celda D18). Por lo tanto se deberían comprar 67 contratos ($67 \times 100 = 6.700$) para tener cobertura por la casi totalidad de la producción esperada. Para el caso que se hubieran comprado 68 contratos estaríamos en presencia de una sobre-cobertura.

D14 a G14: Estas celdas representan las distintas probabilidades esperadas de rendimiento por hectárea. En nuestro ejemplo, se supone que existe un 15% de probabilidades de tener un rendimiento malo, un 25% de probabilidades de tener un rendimiento regular, un 50% de probabilidades de tener un rendimiento bueno y un 10% de probabilidades de tener un rendimiento muy bueno.

D15 a G15: Estas celdas representan el rango de valores que se espera que tomen los rendimientos para cada uno de los escenarios. Por ejemplo, si los rendimientos estuvieran dentro del rango de 4.5 a 5.5 toneladas por hectárea, eso será considerado como un rendimiento malo, si los rendimientos estuvieran dentro del rango de 5.5 a 6.5 toneladas por hectárea, eso será considerado como un rendimiento regular, y así sucesivamente.

C16 a H16: Este grupo de celdas representan el mínimo rendimiento esperado, el máximo rendimiento esperado y los valores medios de cada escenario. Para llevar a cabo una simulación

donde la variable a simular (en este caso “rendimiento por hectárea”) tenga una distribución de tipo general (o sea, donde se puedan establecer distintos escenarios con distintos rangos de valores para cada uno de ellos) necesariamente se deberá indicar cuál es el mínimo y el máximo valor que podrá tomar la variable cuya distribución queremos simular.

D18: Esta celda representa el valor esperado para nuestra variable “rendimiento esperado”. Su valor irá cambiando en forma aleatoria conforme a la distribución triangular que se definió más arriba.

D21 a D26: Distintos cálculos auxiliares que nos permiten obtener finalmente el ingreso bruto que se obtendría en la hipótesis de no recurrir a un mecanismo de cobertura de los precios, a saber:

D21: Es la cantidad de toneladas totales cosechadas, su valor dependerá obviamente del rendimiento esperado y por lo tanto será igual al de la celda D18.

D22: Es la cantidad de toneladas para las que se tiene cobertura. Su valor surge de multiplicar la cantidad de contratos vendidos por la cantidad de toneladas por contrato.

D23: Es el cálculo de las toneladas que quedarán sin cobertura. En nuestro ejemplo, es el mínimo entre cero y la diferencia entre las toneladas totales producidas (que dependen, a su vez, del rendimiento esperado) y las toneladas con cobertura (que dependen de la cantidad de contratos vendidos).

D24: Aquí se indica el precio al cual será vendida la producción. Tratándose de una cobertura por medio de la compra de un *put*, el productor no estará obligado a ejercer su derecho, por lo que no quedará comprometido a vender a un determinado precio. El productor solo ejercerá su derecho a vender en el caso en que el precio del maíz al momento de la cosecha/venta sea menor al precio de ejercicio del *put*. Por lo tanto, en la fórmula hemos representado esa contingencia del siguiente modo: el precio al cual se venderá finalmente el maíz será el máximo entre el precio de ejercicio del *put* (celda G6 y dado como dato) y el precio de mercado del maíz al momento de la cosecha que está representado por la celda C9. Este último precio irá cambiando en forma aleatoria conforme a la distribución triangular cuyos parámetros han sido delimitados en las celdas C6 a C8.

D26: Representa el ingreso bruto total que se obtendrá en el caso de vender el maíz sin cobertura, esto es, las toneladas totales producidas multiplicadas por el precio de mercado (sin cobertura).

D29: Representa el ingreso bruto total del productor, y se calcula del siguiente modo: Por un lado se computan la cantidad de toneladas “cubiertas” (que dependen de la cantidad de contratos comprados) y se multiplica ese valor por el llamado “precio con cobertura”. Dicho “precio con cobertura” será igual al precio de mercado si es que las condiciones del mercado le han sido favorables al productor y no fue necesario que ejerciera el derecho a vender que le otorga el *put*. O bien, si las condiciones de mercado le han sido desfavorables, será igual al precio de ejercicio del *put* (porque se supone que en ese caso ejercerá su derecho a vender a un precio más alto que el precio de mercado).

D34: Es la suma de los costos de comercialización, compuestos a su vez por fletes (30 dólares fijos por tonelada, representados en la celda D32) y comisiones (5% de los ingresos brutos, representados en la celda D33) (véase la nota al pie número 6).

D36: Gastos de cosecha (labores, maquinarias, combustible, etc.) que en nuestro ejemplo representan el 7% de los ingresos brutos (véase la nota al pie número 6).

D44: Gastos de cultivo, que es la sumatoria de laboreo, compra de semillas, agroquímicos y fertilizantes, y que en nuestro ejemplo suman 290 dólares fijos por cada Ha. (véase la nota al pie número 6).

D46: Los gastos de la cobertura serán igual a la cantidad de dinero invertida en la compra de los *puts*.

D49: Margen Bruto, al que se llega partiendo del ingreso bruto y restándole los gastos de comercialización, de cosecha, de cultivo y de cobertura.

D55: Llegamos finalmente al resultado final, que es igual al margen bruto de la operación menos los valores abonados en concepto de arrendamiento (u\$s 180 fijos por Ha.) y gastos de administración (u\$s 10 fijos por Ha.)

6. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN UTILIZANDO “@RISK”¹⁹

Como resultado de una evaluación preliminar, ya es posible observar una diferencia entre el caso que el productor hubiera decidido cubrirse y el caso que hubiera decidido no hacerlo. De haber elegido no cubrirse y asumir el riesgo de variación de los precios, el resultado final esperado es de u\$s 196,2 por Ha. (196.174 dólares en total para las 1.000 Ha.)²⁰. Si, en cambio, el productor de nuestro ejemplo hubiera decidido cubrirse, su resultado final hubiera disminuido a u\$s 156 por Ha. (155.974 dólares en total para las 1.000 Ha.). La diferencia con el resultado anterior se explica exclusivamente por el llamado “costo de la cobertura”, esto es, el dinero invertido en la compra de los contratos de *put*.

Pero las diferencias más interesantes entre uno y otro escenario (con y sin cobertura) aparecen recién al cabo de “correr” una simulación; esto es, el cálculo de los distintos resultados en función de la combinación aleatoria de las variables “precio esperado” y “rendimiento esperado”.

Para el caso que el productor hubiera decidido no cubrirse, la simulación hubiera arrojado los siguientes resultados:

El resultado por Ha. más probable es de 196,2 dólares (esto ya lo sabíamos antes de la simulación), sin embargo ahora sabemos también que podrían llegar a observarse resultados máximos por encima de los 400 dólares y cuál sería la probabilidad que eso sucediera. Eso sería el caso en donde “todo hubiera salido bien”, a saber: las condiciones climáticas hubieran sido muy favorables, se hubiera obtenido un rinde espectacular y adicionalmente se hubiera logrado vender la producción a los precios más altos que fuera posible. Se trata de un escenario ciertamente formidable pero que lamentablemente –siempre según nuestra simulación– tiene sólo un 3,2% de probabilidades de ocurrir.

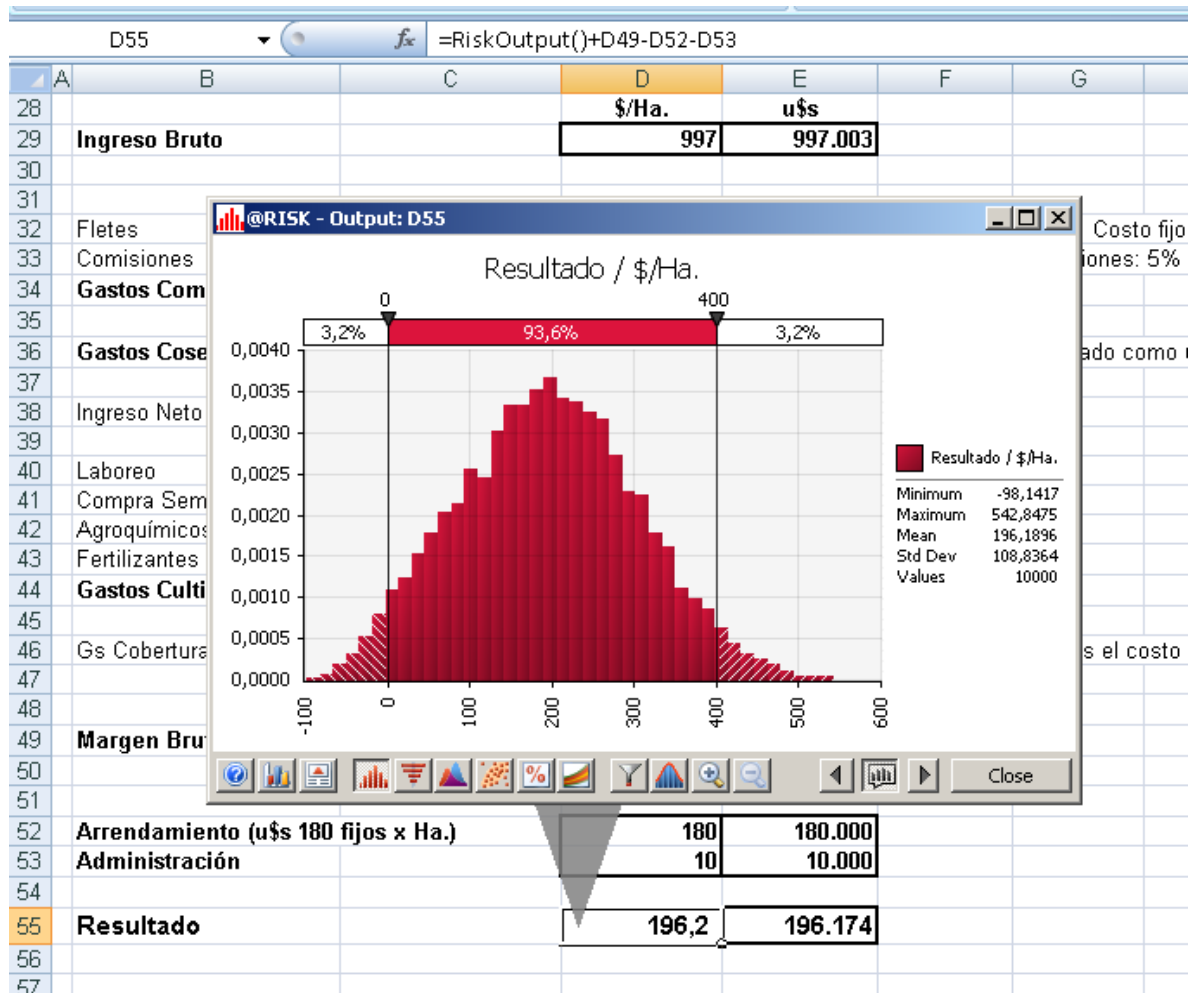
Más importante aún es saber que, sin recurrir a ningún tipo de cobertura, la probabilidad de que el productor de nuestro ejemplo termine su campaña de siembra de maíz con pérdidas es de sólo el 3,2 por ciento. Dicho de otro modo, combinando las distintas alternativas de rindes esperados y precios, sólo hay un 3,2% de probabilidades de obtener un rendimiento por Ha. negativo.

¹⁹ Software comercial de la firma Palisade (<http://www.palisade-ita.com/risk/>)

²⁰ Como comentario, a los fines puramente prácticos, se llega a ese resultado simplemente colocando “cero” en la celda G8, lo que equivale a no haber comprado ningún contrato de *put*, o sea, a no estar cubierto.

En el siguiente gráfico se puede observar (“Simulación sin cobertura”) correspondiente a la distribución del resultado final, que la superficie de la distribución que se encuentra por debajo de “cero” (rendimiento negativo) es equivalente al 3,2% de la superficie total de la distribución (la cola izquierda de la distribución) mientras que la probabilidad de obtener resultados por encima de los u\$s 400 / Ha. también es del 3,2 por ciento (la cola derecha de la distribución).

Figura 3. Simulación sin cobertura

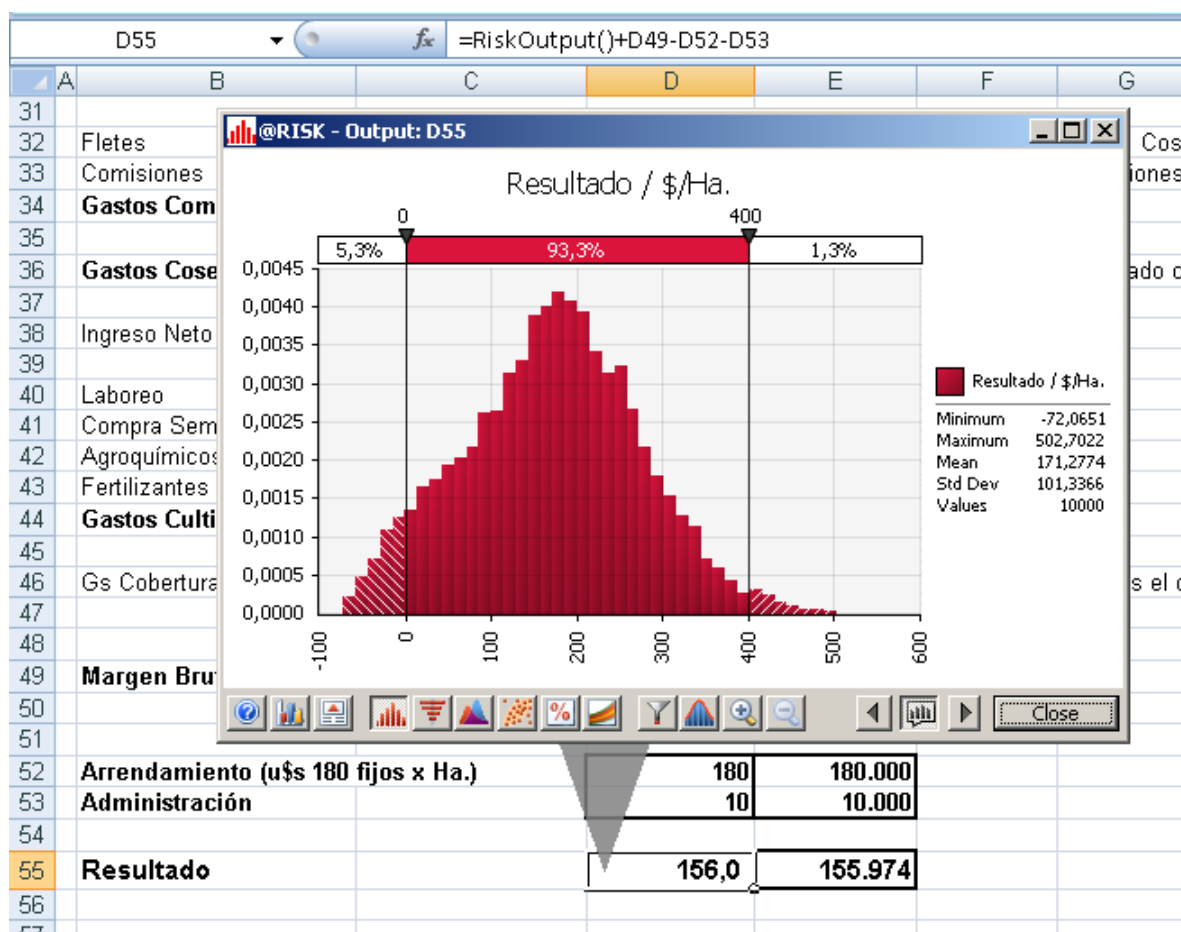


Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, para el caso que el productor si hubiera decidido cubrirse (comprando *puts*), la simulación hubiera arrojado los siguientes resultados:

El rendimiento por Ha. más probable es levemente inferior y se sitúa en los 156 dólares (la diferencia, como vimos, se explica por los “costos de la cobertura”). Pero observemos que ha sucedido con los extremos de la distribución. En este caso (habiéndose cubierto con *puts*) la posibilidad de alcanzar resultados mayores a los u\$s 400 es del orden del 1,3% mucho menor que en el caso anterior (en donde el productor no tenía cobertura). Asimismo, la posibilidad de terminar la campaña con pérdidas (resultado final por Ha. negativo) está ahora en el orden del 5,3%. De tal modo que, como puede verse, y aunque a primera vista pueda parecer contradictorio, es mucho mayor la posibilidad de terminar la campaña con pérdidas habiendo elegido cubrirse de los riesgos de una baja en el precio del maíz que habiendo elegido no cubrirse.

Figura 4. Simulación con cobertura



Fuente: Elaboración propia.

Esto sucede porque, considerando que se ha presentado el peor de los escenarios (tanto la producción como los precios se encuentran en los mínimos proyectados) el productor de encuentra “sobre-cubierto”. En nuestro ejemplo, compró 67 contratos *puts* (lo que le permite tener cobertura para 6.700 Tn.) cuando en realidad alcanzó una producción de sólo 4.500 Tn. Dicho de otro modo, el productor pagó por un seguro de precio por 6.700 Tn. pero ese seguro no será utilizado en su totalidad (se aseguró por demás) ²¹.

Téngase en cuenta que la presente simulación parte de la base que no existe ningún tipo de correlación entre los rendimientos esperados y los precios de venta. En la práctica, sin embargo, podríamos esperar algún tipo de correlación negativa entre ambas variables, en la lógica de suponer que, en aquellos años en donde los factores climáticos hayan sido muy favorables y, consecuentemente, la producción de maíz haya sido muy buena, los precios al momento de la cosecha presenten valores más bajos que los que se presentan en aquellos años en donde la cosecha no fue tan buena, con lo cual la correlación entre las variables “rendimiento esperado” y “precio esperado” debería tender a ser negativa.

²¹ Estamos analizando el caso de un productor agropecuario que no desea especular, sino solamente cubrirse de los riesgos de variación de los precios. Por tanto, no pretende obtener ningún provecho de esa sobre-cobertura, buscando obtener algún tipo de beneficio financiero recomprando los contratos vendidos que no podrá utilizar porque su producción no alcanzó los niveles para los que se encontraba cubierto.

Pero contrariamente a lo que podía esperarse, analizando la correlación entre ambas variables, no sólo no se advierte esa supuesta correlación negativa entre nivel de producción y precios, sino todo lo contrario. La correlación entre la producción argentina y los precios es de 0.5 (cinco décimas). La explicación de dicha correlación entre los precios locales y el nivel de producción local podría deberse al hecho que, tratándose de un *commodity* de amplio comercio internacional, y con niveles de producción en Argentina que no representan una parte significativa dentro del nivel de producción mundial (véase el cuadro) los precios están mucho más influenciados por la producción mundial y muy poco por la local.

Efectivamente, en el siguiente cuadro se presentan datos sobre la producción mundial y la producción argentina de maíz (en millones de Tn.) así como los precios en dólares al momento de la cosecha (a los fines de uniformar la información de los distintos años, se calculó el precio promedio del mes de mayo de cada uno de los distintos años).

Cuadro 1. Producción de maíz mundial y de Argentina y precios en Dólares

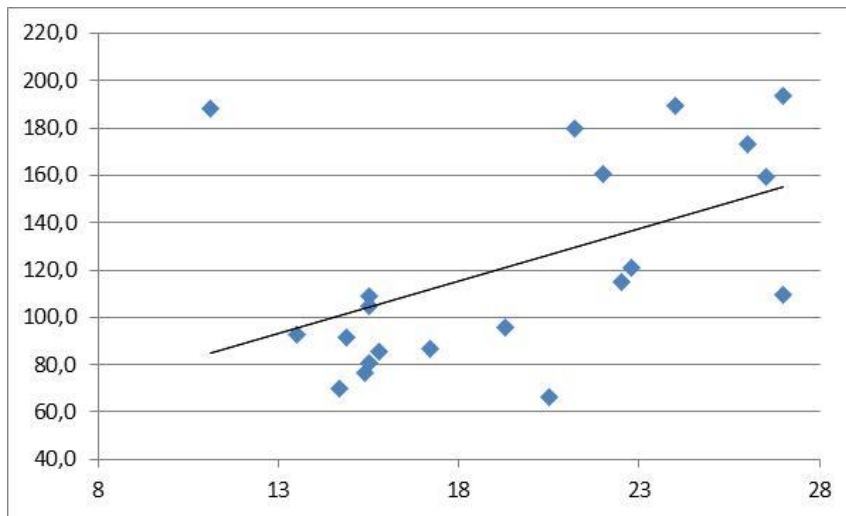
	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Mundial	516	593	575	606	608	591	601	603	627	715	699
Argentina	11,1	15,5	19,3	13,5	17,2	15,4	14,7	15,5	14,9	20,5	15,8
Precios	188,1	109,2	95,8	92,6	86,8	76,7	70,2	80,8	91,8	66,4	85,7

	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16
Mundial	713	792	799	813	885	863	967	991	1009	970
Argentina	22,5	22	15,5	22,8	21,2	26,5	24	26	27	27
Precios	115,2	160,8	104,57	120,81	179,84	159,53	189,31	173,17	109,61	193,79

Fuente: Elaboración propia en base a información de USDA, ROFEX y MatBA.

Proponemos entonces modificar el anterior ejercicio de simulación, pero ahora correlacionando las variables “precio esperado” y “rendimiento esperado”. Tomamos como supuesto además que el campo arrendado de nuestro ejemplo tenderá a presentar los mismos rindes (buenos, regulares y malos) del conjunto del país, por lo que podríamos aplicar la correlación de 0.5 que surge del cuadro anterior a la explotación de nuestro ejemplo. Al igual que antes, en primer lugar, suponemos que el productor decide no utilizar ningún instrumento de cobertura.

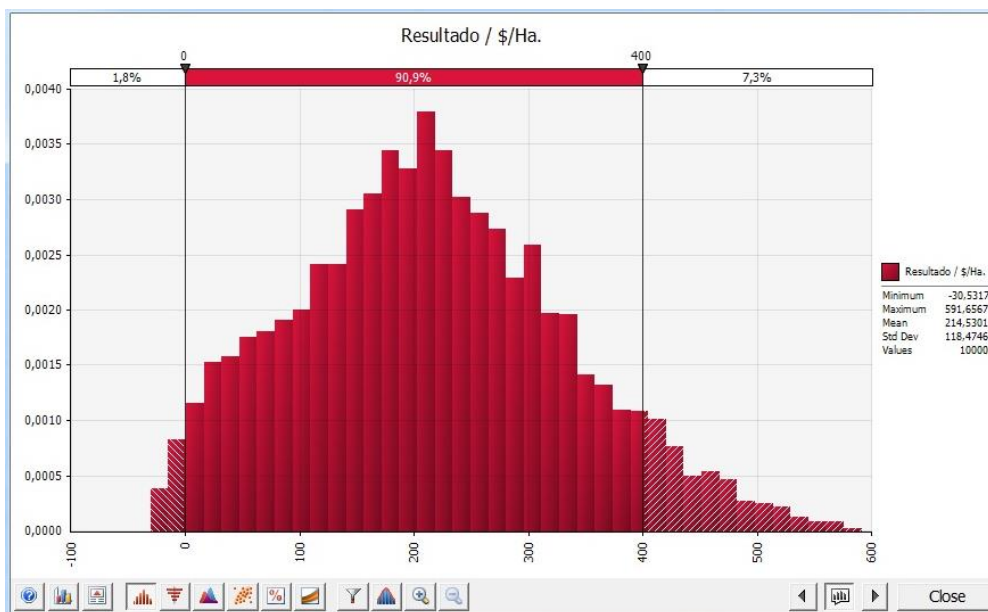
Figura 5. Correlación entre precios (al momento de la cosecha) y producción del año



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de esta nueva simulación, y teniendo en cuenta ahora la correlación entre las variables precio y rendimiento, la probabilidad de que el productor tenga pérdidas sin cobertura con opciones se reduce ligeramente al 1,8% y la probabilidad de obtener rendimientos mayores a los u\$s 400 / Ha. aumenta al 7,3% (respecto del 3,2% registrado anteriormente). Esto es lógico, dado que al existir una correlación positiva entre las variables, aumentan las chances de obtener muy buenos rendimientos con muy buenos precios al mismo tiempo.

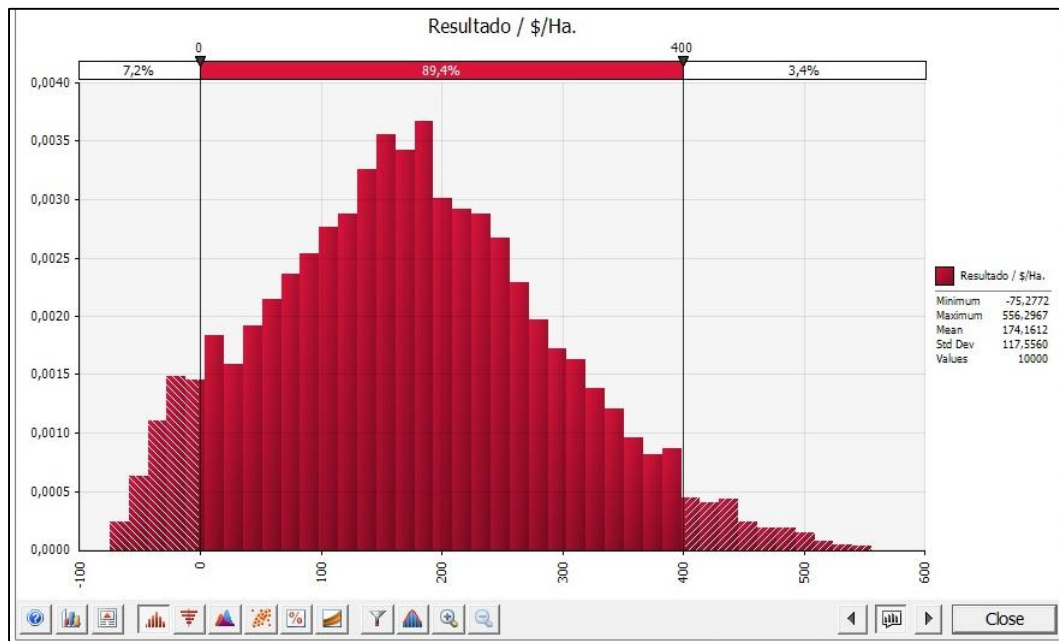
Figura 6. Simulación sin cobertura y correlación de 0,5



Fuente: Elaboración propia.

Y en el caso que recurra a cubrirse con *puts*, y teniendo en cuenta la correlación entre rendimiento y precios, la probabilidad de obtener un resultado negativo aumenta al 7,2% mientras que la probabilidad de obtener rendimientos superiores a los u\$s 400 / Tn. cae a sólo el 3,4%.

Figura 7. Simulación con cobertura y correlación de 0,5

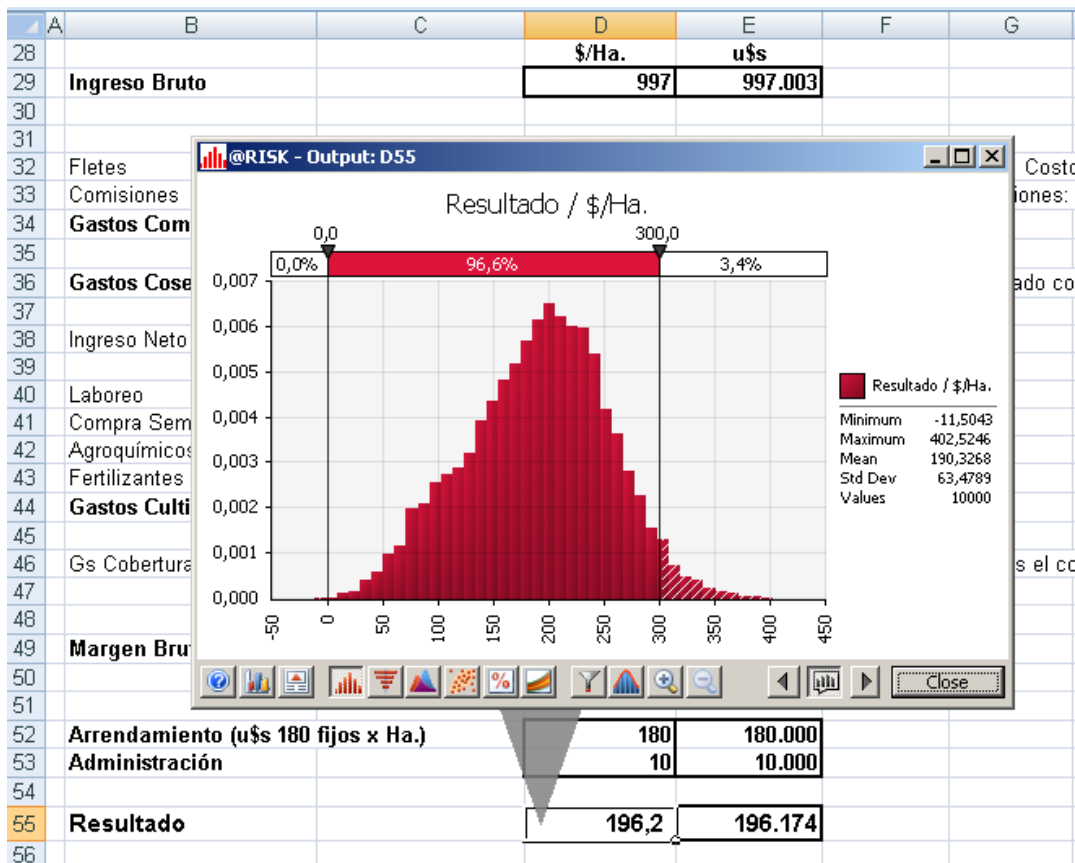


Fuente: Elaboración propia.

Podríamos pensar que los resultados de la simulación podrían ser distintos si las dos variables (precio y rendimiento) sí estuvieran correlacionadas en forma negativa (tal como suponíamos al principio). Si fuera esto cierto, la explicación del aumento de la probabilidad de entrar en zona de pérdidas sería consecuencia de la correlación entre las variables y no consecuencia de apelar –o no– a la cobertura con opciones. Por ese motivo, rehicimos la simulación pero planteando ahora una fuerte correlación negativa (de $-0,75$) entre ambas variables. En primer lugar veamos que sucede con el escenario “sin cobertura”. Curiosamente la probabilidad de incurrir en pérdidas se reduce casi a cero. La distribución, como era de esperar, se concentra muchísimo más alrededor de su media y consecuentemente, no sólo se reduce la probabilidad de incurrir en pérdidas sino también se reduce la probabilidad de obtener rendimientos anormalmente altos (ahora hay sólo un 3,4% de probabilidades de obtener resultados por encima de los 300 dólares por Ha.). O sea, ha disminuido enormemente la posibilidad de acceder a un resultado extraordinario.

Es lógico observar una mayor concentración de los resultados. Es que con una correlación negativa de las dos variables “precio” y “rendimiento” prácticamente estamos eliminando de nuestra simulación los escenarios extremos, tanto los “muy buenos” (excelente rendimiento con precios muy altos) como también los “muy malos” (pobre rendimiento con precios muy deprimidos).

Figura 8. Simulación sin cobertura y correlación de -0,75

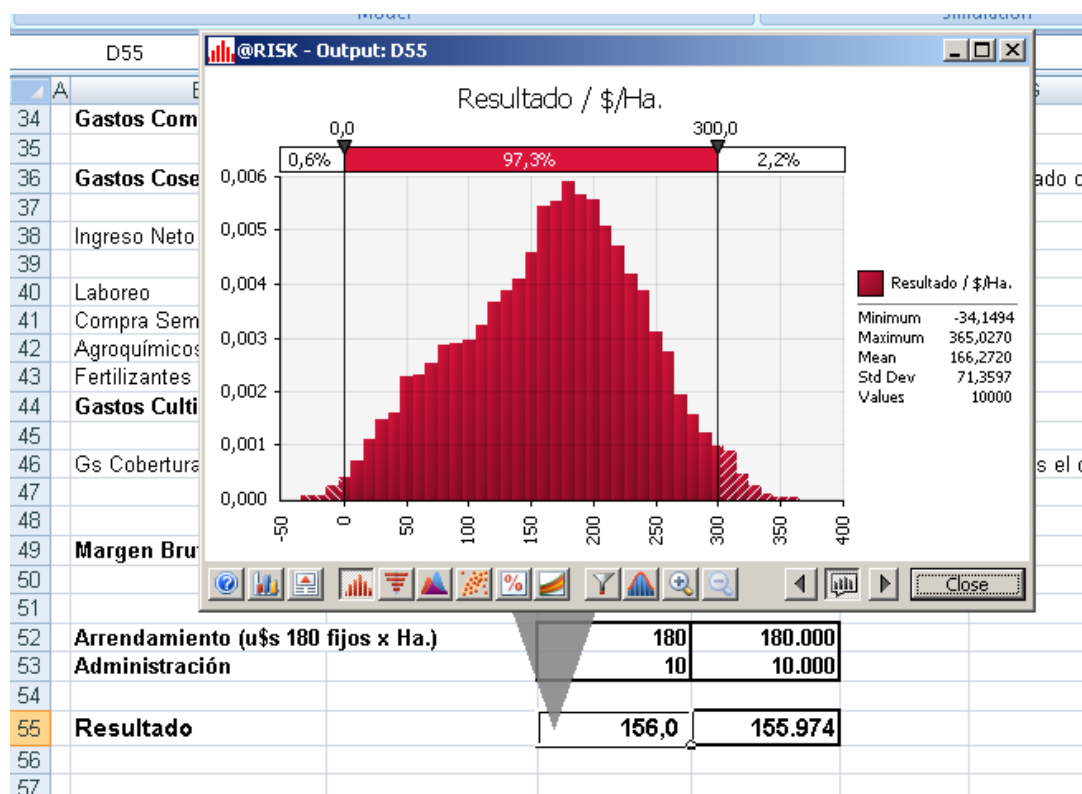


Fuente: Elaboración propia.

Simulando ahora el escenario “con cobertura” se advierten los mismos cambios (mayor concentración de la distribución, etc.) pero (esto es lo importante) continúa observándose el mismo patrón que en las simulaciones anteriores: la probabilidad de incurrir en pérdidas habiendo apelado al uso de instrumentos de cobertura (en nuestro caso, *puts*) es mayor que la probabilidad de incurrir en pérdidas operando sin ninguna cobertura.

Dado que la correlación (o no) de las variables precio y rendimiento parecen no ser la explicación de este fenómeno, deberemos pensar que se debe exclusivamente al efecto secundario no deseado, esto es, la posibilidad de quedar “sobre-cubierto” cuando se proyectó un nivel de producción que luego (por problemas climáticos u otros) no se pudo alcanzar.

Figura 9. Simulación con cobertura y correlación de -0,75



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

Como hemos podido demostrar, no siempre operar con instrumentos de cobertura termina siendo beneficioso para el productor. Operar con contratos de futuros por un lado le brinda seguridad en la fijación del precio, pero al mismo tiempo y como lógica contrapartida, le impide beneficiarse de la eventual apreciación que lograría sin cobertura, para el caso que los precios se hubieran movido a favor del productor.

En el caso de operar con contratos de opciones, como hemos visto, tendrá la ventaja de poder vender a un precio fijo mínimo sin necesidad de resignar la eventual ganancia que obtendría en el caso que los precios se muevan a su favor. Sin embargo, los eventuales beneficios de esa “mejor” cobertura en ocasiones no son suficientes para compensar sus costos. Es que, tratándose de explotaciones agropecuarias, la posibilidad cierta de que algún evento adverso (clima, plaga, etc.) le impacte haciendo disminuir sus rindes, puede derivar en una sobre-cobertura. Esto es, haber contratado una cobertura para una cantidad de toneladas de producción mucho mayor a la producción real, sobre -cobertura que termina actuando como un lastre que hunde aún más el resultado final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benninga, S. (2014). *Financial Modeling*. Massachusetts: The MIT Press (Massachusetts Institute of Technology).
- Brandimarte, P. (2014). *Handbook in Monte Carlo simulation*. New Jersey: Wiley.
- Cashin, P. & McDermott, J. (2002). The Long-Run Behavior of Commodity Prices. Small Trends and Big Variability. *IMF Staff paper*, Vol.49, N°2, p.p. 1-27
- Ferreira, A., Podestá, G., Messina, C., Letson, D., Dardanelli, J., Guevara, E., & Meira, S. (2001). A linked-modeling framework to estimate maize production risk associated with ENSO-related climate variability in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology*, N° 107, p.p. 177-192
- German, H. (2005). *Commodities and Commodity Derivatives: Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals and Energy*. West Sussex (England): John Wiley & Sons.
- Hafner, R. & Heiden, M. (2008). Statistical Analysis of Commodity Futures Returns. En Fabozzi, F., Füss, R. & Kaiser, D. (1.Ed.), *The Handbook of Commodity Investing* (pp. 227-240). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hull, J. (2018). *Options, Futures, and other Derivatives*. New York (USA): Pearson
- Jäckel, P. (2002). *Montecarlo Methods in Finance*. West Sussex (England): John Wiley & Sons
- Lazzati, N. & Pacheco, J. (2004). *Análisis de la Evolución del Componente Estacional del Precio de la Soja en Argentina*. Rosario: Bolsa de Comercio de Rosario, Recuperado de http://cac.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/componente%20estacional_lazzati_pacheco.pdf
- Menichini, A. & Lazzati, N. *Modelo De Simulación de Ingresos para el Agro*. Recuperado de: https://www.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/simulaci%C3%B3n_menichini_lazzati.pdf
- Olivo, S. (2017, Septiembre). *Una propuesta de simulación de commodities con retorno a la media*. Documento presentado en XXXVII Jornadas Nacionales de Administración Financiera, Valle Hermoso, Argentina.
- Ricci, H. (2001). *Análisis de los ciclos en commodities agrícolas*. Rosario: Bolsa de Comercio de Rosario. Recuperado de: www.capacitacion.bcr.com.ar/Documentos/EdicionesBCR/6/ciclos_ricci.pdf (¿)
- Schwartz, E. & Smith, J. (2000). Short-Term Variations and Long-Term Dynamics in Commodity Prices. *Management Science*, Vol. 46, N° 7, p.p. 893-911.
- Sobol, I. (1976). *Método de Montecarlo*. Moscú: MIR
- Turvey, C. & Power, G. (2006, Julio). *The Confidence Limits of a Geometric Brownian motion*. Documento presentado en American Agricultural Economics Association Annual Meeting, California, Estados Unidos.