

# Modelo De Simulación de Ingresos para el Agro

Basado en el programa AgRisk desarrollado en Ohio State University  
<http://www-agecon.ag.ohio-state.edu/programs/AgRisk/default.htm>

CP. Menichini Amilcar<sup>1</sup>  
Lic. Lazzati Natalia<sup>2</sup>

## Abstract

El presente trabajo describe un programa de simulación que tiene por objeto asistir al productor agropecuario para la mejor administración del riesgo de sus ingresos post-cosecha. La metodología que se propone consiste en definir estrategias alternativas de administración de riesgo, y modelar la distribución de los ingresos post-cosecha bajo cada una de ellas. Se describen los métodos estadísticos que se emplean en la construcción del modelo de simulación y se ilustra lo relatado comparando dos estrategias: la de cobertura con contratos de futuros contra la de no cubrir la posición.

---

<sup>1</sup> Investigador Senior –Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercados de la Bolsa de Comercio de Rosario.

<sup>2</sup> Investigador Junior –Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercados de la Bolsa de Comercio de Rosario.

## Introducción

El programa que se describe en este trabajo ha sido diseñado con el propósito de asistir al productor agropecuario en la administración del riesgo de sus ingresos post-cosecha. Opera estimando la distribución de los ingresos brutos del productor, bajo estrategias alternativas de administración de riesgo. Las estrategias abarcan una gran gama de combinaciones, que incluyen: seguros contra granizo, futuros y opciones, contratos forwards, etc.

Este programa permite que el productor compare gráficamente las estrategias que tiene a su alcance, y defina con más claridad cuál se ajusta mejor a sus preferencias. A modo de ejemplo, un productor podría examinar cómo la compra de opciones de venta, en combinación con un seguro agrícola contra granizo o incendio, modifican la distribución de sus ingresos esperados en relación con una estrategia de no cobertura.

El eje del programa es un modelo de simulación estocástica de estados discretos para los precios y rendimientos en el período post-cosecha. A cada estado posible se le asigna: un nivel de rendimiento para cada cultivo, el rendimiento promedio regional de cada uno de los cultivos considerados y sus respectivos precios de mercado. Los rendimientos y los precios mantienen relación directa con las estrategias de cobertura escogidas. El programa computa el valor esperado de los ingresos brutos y su desvío estándar, bajo estrategias alternativas de administración de riesgo.

El modelo de simulación se encuentra calibrado para reflejar las características peculiares de un campo en particular y de las condiciones corrientes de mercado, utilizando datos provistos por el usuario. Los datos incluyen su rendimiento histórico, las hectáreas destinadas a cada cultivo y las estimaciones futuras de precios, entre otros. Adicionalmente, para derivar la distribución de los ingresos brutos bajo diferentes estrategias, el programa necesita que el usuario brinde información respecto del valor de las primas pagadas, los precios de ejercicio y los forwards asociados con los contratos, así como de cualquier precio, rendimiento o ingreso garantizado, asociado a los contratos de seguros.

Algunos problemas dificultan los cálculos descritos. En primer lugar, muchos productores tienen datos incompletos respecto de sus rendimientos históricos, lo que afecta la precisión de las predicciones del rendimiento a nivel firma. En segundo lugar, los ingresos del productor son función no lineal de diversas variables aleatorias, mayor parte de las cuales exhiben significativa correlación; consecuentemente, si se desea obtener simulaciones creíbles respecto de las distribuciones de los ingresos del productor bajo estrategias alternativas, estas no linealidades y correlaciones deben ser debidamente captadas por el modelo de simulación. En tercer lugar, si se busca generar una herramienta útil, el programa debe computar la distribución de los ingresos del productor de manera rápida, acertada y consistente; esto último suele ser difícil debido al gran número de variables involucradas en los cómputos, particularmente cuando se estudian casos de cultivos múltiples y complejas estrategias de cobertura.

El modelo de simulación que se describe a continuación está diseñado para enfrentar los problemas mencionados. En primer lugar, se emplean datos a nivel regional para mejorar las estimaciones de rendimiento de un campo en particular. Las series del productor se completan con la información que

proveen las series de rendimiento promedio de la región. Esta extensión es posible debido a dos factores: la existencia de series de rendimiento extensas para los principales cultivos a nivel regional, y la alta correlación entre el rendimiento de un campo en particular y el de la región en la que se ubica, debido a la naturaleza sistemática de los efectos climáticos. En segundo término, se emplean métodos de distribuciones empíricas no paramétricas para modelar la distribución conjunta de las variables aleatorias clave que afectan los rendimientos y precios relevantes. Esta aproximación permite replicar las correlaciones observadas en los modelos, sin necesidad de imponerles estructura adicional alguna. A su vez, reduce las dimensiones de las integraciones numéricas que serían necesarias en el modelo, disminuyendo el número de cálculos que se requieren para estimar precisa y consistentemente la distribución de los ingresos brutos de los productores, bajo las diferentes estrategias.

El resto del trabajo se organiza del siguiente modo. En la primer sección, se describen los métodos empleados para construir el modelo de simulación y las técnicas utilizadas para predecir la distribución de los ingresos brutos del productor bajo diferentes estrategias de administración del riesgo. En la segunda sección, se explica cómo se construyen los modelos de simulación para el caso de un productor que realiza un único cultivo bajo condiciones ideales de datos estacionarios y completos. En la tercer sección, se describe la forma en que el modelo de simulación contempla algunas violaciones de las condiciones ideales, incluyendo datos incompletos respecto del rendimiento histórico del productor y no estacionalidad en ambos, rendimiento y precio. En la cuarta sección, se presenta un modelo completo de estimación de distribuciones, que contempla numerosas variables aleatorias. Finalmente, en la quinta sección, se describen las formas funcionales que se emplean para analizar dos estrategias, la de no cobertura y la cobertura de precio con contratos de futuros.

## Distribuciones empíricas

Uno de los rasgos innovativos del programa que se describe, es el empleo de distribuciones empíricas no paramétricas para modelar precios y rendimientos. Las distribuciones empíricas permiten captar en el modelo las correlaciones esenciales existentes entre precios y rendimientos, sin necesidad de imponer estructuras adicionales o efectuar complicados procedimientos de estimación. Adicionalmente, simplifican las integraciones numéricas que deben ser efectuadas para estimar la distribución de los ingresos brutos del productor.

Para ilustrar como el programa emplea distribuciones empíricas, imagine un productor que no ha administrado nunca el riesgo de sus ingresos post-cosecha, pero que actualmente considera cubrir su producción esperada en el mercado de futuros. Se asume que el productor vive en un mundo ideal en el cual, durante los pasados veinte años: 1) el mercado no ha sufrido importantes cambios estructurales, 2) los rendimientos históricos no muestran una marcada tendencia y 3) el productor cuenta con un registro histórico completo de su rendimiento en cada campaña.

Sin una activa administración de riesgo, los ingresos brutos descubiertos por hectárea  $r_{nc}$  serían simplemente el producto del precio local  $p$  y el rendimiento obtenido por el productor  $y$ :

$$r_{nc} = p \times y$$

En cambio, si el productor cubre  $q$  hectáreas de su plantación vendiendo contratos de futuro, sus ingresos brutos cubiertos  $r_c$ , por una cantidad  $q$  de hectáreas, dependerán también del cambio de valor  $d$  del precio del contrato entre el período de plantación y el momento de cosecha:

$$r_c = p \times y - q \times d$$

Para poder efectuar una decisión, correctamente fundamentada, respecto de si cubrir o no su posición, el productor debería comprender cómo difieren las distribuciones de  $r_{nc}$  y  $r_c$ .

¿Cómo podría construirse un modelo estocástico de precios y rendimiento, para predecir el efecto de la venta de futuros sobre los ingresos brutos del productor?. Una aproximación convencional, que resulta familiar a todos aquellos que se dedican a la economía aplicada, es proponer un modelo formal paramétrico para la distribución conjunta de las variables aleatorias relevantes, y estimar los parámetros del modelo empleando técnicas econométricas estándar a partir de los datos históricos disponibles. Más específicamente se obtendría una forma funcional paramétrica para la distribución conjunta de  $y$ ,  $p$  y  $d$ :

$$\Pr(y = y, p = p, d = d) = g(y, p, d; \alpha)$$

y se estimaría el vector de parámetros desconocido  $\alpha$ , empleándose técnicas econométricas como el método de máxima verosimilitud. El vector de parámetros  $\alpha$  debería contener al menos nueve elementos –nueve es la cantidad mínima de parámetros necesaria para captar de manera independiente las medias, variancias y correlaciones condicionales de las tres variables aleatorias.

Habiéndose estimado la distribución conjunta de las variables aleatorias de interés, se procedería a comparar la distribución de los ingresos brutos del productor con y sin cobertura. A modo de ejemplo, para computar la media y la varianza de la distribución de los ingresos brutos bajo la estrategia de cobertura, el analista debería evaluar las integrales triples:

$$Er_c = \iiint [p \times y - q \times d] g(y, p, d; \alpha) dy dp dd$$

$$Vr_c = \iiint [p \times y - q \times d - Er_c]^2 g(y, p, d; \alpha) dy dp dd$$

El método de modelización paramétrica descrito acarrea dos dificultades que hacen que en la práctica resulte poco útil.

En principio, el analista debe especificar una forma funcional que capte con precisión las correlaciones entre precios y rendimientos. Las correlaciones son importantes porque tienen un impacto significativo sobre la distribución de los ingresos brutos del productor, que es precisamente lo que se busca describir. A modo de ejemplo, a mayor correlación positiva entre cultivos, más variables resultan los ingresos del productor. El número mínimo de variables necesarias para capturar las correlaciones entre precios y rendimiento aumenta con la raíz cuadrada del número de variables incorporadas en el modelo; en el caso de un campo con cuatro cultivos, para los que deberían considerarse dos series de precios y rendimientos para cada uno de ellos, el número de parámetros resultaría extremadamente grande.

Un segundo inconveniente, es la dificultad de evaluar las integrales para la derivación de la media y variancia de la distribución de los ingresos brutos. Una aproximación analítica resultaría impracticable, dada la dimensionalidad de la integración y la complejidad de las distribuciones de probabilidad. Los métodos de Montecarlo y Gaussianos, ofrecen alternativas numéricas a los métodos analíticos que, lamentablemente, no resultan mejores. El método de Montecarlo es computacionalmente impreciso e inconsistente. La regla de cuadratura Gaussiana enfrenta restricciones vinculadas a la dimensionalidad –el número de cálculos crece exponencialmente con el número de variables de integración- lo que imposibilita la inclusión de más de uno o dos cultivos de manera simultánea. Adicionalmente, ambos son difíciles de implementar en distribuciones multivariadas correlacionadas, excepto bajo supuestos fuertes, como el de normalidad conjunta.

Los métodos de distribución empíricos no paramétricos ofrecen una alternativa práctica para modelar la distribución conjunta de precios y rendimientos, que evitan mayor parte de las dificultades que enfrentan los métodos paramétricos descritos. Una distribución empírica es, simplemente, una serie de datos disponible que es tratada como si proviniera de una distribución conjunta del tipo uniforme. La distribución empírica se construye vinculando cada realización contemporánea de precios y rendimiento a cada uno de los posibles estados del modelo de distribución, y asignando a cada uno de los estados una probabilidad  $1/T$  -siendo  $T$  el número de años para los que hay observaciones disponibles.

El rasgo más importante del método paramétrico es que la distribución empírica logra efectivamente capturar la variación y covariación históricamente observada entre los precios y los rendimientos. Esto se debe a que la distribución empírica y los datos históricos son una misma cosa. Como no se impone ninguna forma paramétrica a la distribución empírica, ninguna restricción, explícita o implícita, debe imponerse sobre los momentos de la distribución conjunta para que el modelo resulte parsimonioso y estable. Más aún, no es necesario efectuar ninguna estimación, ofreciendo ahorro de tiempo y esfuerzo al modelador.

Otro importante rasgo práctico del modelo empírico no paramétrico es que las distribuciones son discretas, haciendo que sean fácilmente integrables. Con distribuciones discretas, el cómputo de la media y variancia de los ingresos brutos bajo escenarios alternativos de administración de riesgo involucran tan sólo simple sumas ponderadas. Por ejemplo, sean  $y_t$ ,  $p_t$  y  $d_t$ , respectivamente, el rendimiento local, el precio y el cambio de precio del futuro entre el momento de siembra y el de cosecha. Luego, la expectativa y variancia de los ingresos brutos implicadas en la distribución empírica del modelo, asumiendo cobertura total, podrían computarse:

$$Er_c = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p_t \times y_t - q \times d_t$$

$$Vr_c = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T [p_t \times y_t - q \times d_t - Er_c]^2$$

## Violaciones de las condiciones iniciales

Las distribuciones empíricas no paramétricas ofrecen numerosas ventajas respecto de las paramétricas en los análisis de simulación, pero resultan aplicables sólo si se verifican ciertos supuestos. Uno de ellos es que los datos deben ser generados por un proceso estocástico

estacionario. Otro, que las series deben ser serialmente independientes. Cuando se satisfacen, estas condiciones aseguran que las observaciones históricas de una muestra aleatoria, y la media y variancia muestrales de funciones de las variables –como la media y variancia de los ingresos bajo estrategias alternativas de administración de riesgo- son estimadores asintóticamente eficientes de sus verdaderos valores.

Sin embargo, los precios agrícolas generalmente violan las condiciones ideales. En particular, tres rasgos salientes de las series de precios y rendimientos agrícolas invalidan su empleo directo. En principio, son muy pocos los casos en los que los productores cuentan con largos registros históricos de sus rendimientos, lo que hace imposible modelar directamente los rendimientos a partir de su base de datos. En segundo lugar, aunque se encuentren disponibles, esas series suelen exhibir una importante tendencia secular. Finalmente, la estructura de los mercados agrícolas ha ido cambiado notablemente en el tiempo, debido tanto a políticas públicas intervencionistas cuanto a avances tecnológicos.

Aunque los mercados de *commodities* agrícolas no satisfacen las condiciones ideales necesarias para el empleo directo de las distribuciones empíricas en los análisis de simulación, es posible construir razonables modelos estocásticos de las distribuciones de los precios y rendimientos subyacentes que preserven muchas de las propiedades prácticas deseables de las distribuciones empíricas puras. A continuación se describe una propuesta que permite salvar las dificultades descritas; se comienza con el problema de la escasez de datos a nivel de cada productor y se continúa con el inconveniente de la tendencia de los rendimientos y la no estacionariedad del proceso generador de los precios.

### **Datos Perdidos a Nivel de Cada Productor**

En general, los productores no mantienen registros sistemáticos de sus rendimientos anuales, o los datos con los que cuentan no pueden ser directamente empleados en el programa que se detalla en la presente monografía. Sin embargo, empleándose datos promedio históricos de los rendimientos de la región en la que se ubica, es posible mejorar las predicciones a nivel firma. Como se indicó, lo anterior es factible debido a que a nivel regional se cuenta con mayor cantidad de registros y debido a que los rendimientos de los productores suelen estar altamente correlacionados con los de la región, debido a la naturaleza sistémica de los efectos climáticos.

Se podría asumir que los rendimientos del productor  $y_p$  se encuentran relacionados con los promedios regionales  $y_n$  del siguiente modo:

$$y_p = y_n \times \varepsilon$$

donde  $\varepsilon$  es un shock idiosincrásico independiente del rendimiento de la región y no correlacionado con los precios.

El modelo de distribución de  $\varepsilon$ , el ratio del rendimiento del productor respecto del rendimiento promedio regional, se construye con métodos no paramétricos como los comentados. Específicamente, suponga que los datos de rendimiento a nivel productor están disponible para, por ejemplo,  $n$  de los  $T$  años para los que se encuentran disponibles datos de rendimiento promedio

regional. Se postula que el shock de rendimiento tiene distribución discreta del tipo uniforme, cuyos valores  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  son los  $n$  ratios observados de los rendimientos a nivel productor respecto de los promedios regionales para los años en los cuales se tienen datos de ambos.

Dados los  $n$  valores posibles del shock de rendimiento idiosincrásico del productor y el supuesto de que son independientes del rendimiento promedio regional, se construye una distribución discreta uniforme para el rendimiento del productor ampliando la serie original con la información obtenida. Más específicamente, se asume que en los períodos en los que no se tienen datos el rendimiento a nivel del productor toma los valores  $y_{pti} = y_{nt} \times \varepsilon_i$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ , cada uno con probabilidad  $(n)^{-1}$ .

### **Tendencia Secular de los Rendimientos**

Los rendimientos agrícolas exhiben, generalmente, una marcada tendencia secular. Debido a la tendencia, los rendimientos corrientes no pueden suponerse generados por el mismo proceso que los rendimientos históricamente observados, imposibilitando la aplicación directa de los métodos de distribución no paramétricos discutidos. En la presente sub-sección, se discute un método útil para eliminar la tendencia de los rendimientos promedio regionales. Luego de eliminada la tendencia, la distribución de los rendimientos a nivel productores se construye con los métodos descritos en la sección precedente.

Para eliminar la tendencia de la serie, se propone un modelo estructural motivado por los siguientes factores: en primer lugar, los rendimientos han crecido en el tiempo, pero a una tasa decreciente; en segundo término, los desvíos de los rendimientos alrededor de la tendencia están serialmente incorrelacionados; finalmente, los rendimientos han exhibido un coeficiente de variación constante. Para capturar estos hechos, se supone que los logaritmos naturales de los rendimientos promedio regionales se describen mediante un polinomio de segundo orden en el tiempo  $t$ , con errores aditivos serialmente independientes e idénticamente distribuidos:

$$\ln y_{nt} = \gamma_{n0} + \gamma_{n1}t + \gamma_{n2}t^2 + \psi_{nt}$$

$$\ln y_{pt} = \gamma_{p0} + \gamma_{p1}t + \gamma_{p2}t^2 + \psi_{pt}$$

donde  $y_{nt}$  e  $y_{pt}$  son el rendimiento promedio regional y el del productor, respectivamente, observados en el año  $t$ .

Se propone el empleo del método de mínimos cuadrados para ajustar las ecuaciones de rendimiento, y luego computar los factores de tendencia que miden el crecimiento proporcional de la tendencia del rendimiento entre el año  $t$  y el año corriente  $T$ :

$$k_{nt} = \exp[\gamma_{n1}(T-t) + \gamma_{n2}(T^2 - t^2)]$$

$$k_{pt} = \exp[\gamma_{p1}(T-t) + \gamma_{p2}(T^2 - t^2)]$$

Con los factores descritos se procede a eliminar la tendencia de las series históricas  $y_t$ . El rendimiento equivalente sin tendencia para el rendimiento en el año  $T$ , se expresaría del siguiente modo:

$$\bar{y}_{nt} = k_{nt} \times y_{nt}$$

$$\bar{y}_{pt} = k_{pt} \times y_{pt}$$

Las series sin tendencia son las que luego se emplean como insumo en los modelos que se describen en el trabajo. Más precisamente, se asume que los rendimientos promedio regionales siguen una distribución conjunta discreta y uniforme con posibles realizaciones  $(\bar{y}_{nt}, \bar{y}_{pt})$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$ , cada una con probabilidad  $1/T$ .

Depurar a las series históricas de su tendencia secular permite retener una simple, y numéricamente tratable, estructura de la distribución empírica no paramétrica. Adicionalmente, esta metodología permite captar luego la verdadera covariancia existente entre precios y rendimiento, condición necesaria para la correcta descripción de la distribución de ingresos bajo las reinantes condiciones del mercado.

### **Distribución de los Precios**

La especificación de la distribución de los precios es un problema desafiante, en parte debido a que los mercados de *commodities* han experimentado profundos cambios estructurales durante los últimos treinta años. Este hecho hace inviable la directa aplicación del método no paramétrico para modelar precios, antes descrito.

Para modelar el comportamiento de los precios, se propone la siguiente relación entre el precio promedio regional al momento de cosecha  $p_n$ , el precio de los futuros al momento de la siembra con vencimiento al momento de la cosecha  $f$  y la producción nacional al momento de cosecha  $Y_n$ :

$$\ln(p_n/f) = \alpha - \beta \ln(\bar{Y}_n) + \varepsilon$$

El parámetro  $\beta > 0$  mide la sensibilidad del precio de la cosecha regional a las variaciones en la producción nacional. Más específicamente, un incremento de un uno % en la producción nacional induce a un decremento de un  $\beta$  % en el precio de la cosecha. La variable aleatoria  $\varepsilon$  captura variaciones en el precio que no se encuentran correlacionadas con el rendimiento promedio regional. Se asume que  $\varepsilon$  es independiente de la producción nacional, y está normalmente distribuido con media 0 y desvío estándar  $\sigma$ .

Para poder completar la descripción de la distribución del precio, deben especificarse la distribución de la producción nacional y los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ .



Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  se obtienen regresando el logaritmo del cociente entre el precio al momento de cosecha y el valor del futuro al momento de siembra, sobre el logaritmo de la producción nacional –se emplean datos de rendimiento históricos ajustados por tendencia.

Dados los  $T$  valores disponibles de producción nacional y el valor hoy del futuro que vence próximo al momento de cosecha de la campaña actual, se construye una distribución discreta no uniforme para el precio futuro:

$$p_t = f \exp\left[\alpha - \beta \ln\left(\frac{Y_{nt}}{Y_{nt}}\right)\right]$$

para  $t = 1, 2, \dots, T$ . La probabilidad del  $t^{\text{th}}$  evento es  $1/T$ .

## Síntesis del Modelo Estocástico

En esta sección se sintetiza la estructura del modelo del programa de simulación. Nuevamente, se limita la modelización al caso de un único cultivo. El modelo y los métodos descritos pueden ser fácilmente generalizados al caso de más cultivos.

La versión de monocultivo contempla siete variables aleatorias:

$y_p$  = rendimiento del productor

$y_n$  = rendimiento promedio regional

$Y$  = producción nacional

$p_p$  = precio regional al momento de cosecha

$f$  = valor del futuro al momento de siembra con vencimiento al momento de cosecha

$\varepsilon$  = shock de rendimiento del productor

Los valores de los contratos al momento de liquidación y los ingresos brutos del productor bajo cualquier estrategia admisible de administración del riesgo, se supone que dependen sólo de las variables descritas. La distribución de los ingresos brutos del productor bajo dichas estrategias, se computa, integrando la función sobre las variables enumeradas.

De las seis variables consideradas, cuatro  $-y_n, \varepsilon, Y$  y  $f$ - son variables de primer orden. En tanto la otras dos  $-y_p$  y  $p_p$ - son variables de segundo orden, que se obtienen a partir de las de primer orden de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\ln(p_n/f) = \alpha - \beta \ln\left(\frac{Y_{nt}}{Y_{nt}}\right)$$

$$y_p = y_n \times E(\varepsilon)$$

Para lograr que el programa de simulación estocástica resulte operativo, se deben especificar la distribuciones de las variables de primer orden, y los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de las ecuaciones

estructurales. Se deben estimar a su vez la distribución de los precios futuros (al momento de cosecha).

Se supone independencia estocástica entre las distribuciones discretas de  $\varepsilon$  y  $y_n$ . Se postula para  $\varepsilon$  una distribución discreta uniforme, que puede asumir  $n$  valores, cada uno con probabilidad  $1/n$ ; cada posible realización se indexa con  $i$ .

Se deduce de lo comentado, que el programa se basa en un modelo de simulación estocástica discreto con  $T$ . Debido al supuesto de independencia, la probabilidad de cada evento es  $1/T$ .

## Distribución de los Ingresos bajo dos Estrategias

En este primer trabajo se considera un único tipo de contrato de cobertura, la cobertura con futuros. La misma metodología podría emplearse para estudiar estrategias alternativas de riesgo, mucho más complejas. A continuación se indica cómo se computan sus respectivos valores de liquidación al momento de cosecha. Estos valores dependen de las especificaciones de los contratos, como primas pagadas, cantidades cubiertas, *trigger prices*, rendimientos e ingresos. Las especificaciones varían de acuerdo al contrato. Los valores de liquidación dependen también de los precios de mercado al momento de cosecha y de los rendimientos que aunque desconocidos en ese período, son estimados empleando los modelos estocásticos descritos precedentemente.

### No Cobertura

Para derivar la distribución de ingresos post-cosecha del productor, es necesario que el mismo brinde información respecto de la cantidad de hectáreas que sembrará ( $h$ ). La distribución de ingresos al momento de cosecha se computa del siguiente modo:

$$\text{ingresos}_i = y_{pi} \times p_i \times h \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, T$$

donde la probabilidad de cada evento –ingresos<sub>i</sub>– es  $1/T$ .

### Contrato de Futuros

Cuando se instrumenta una estrategia de cobertura vendiendo futuros, el usuario debe especificar:

$p_{\text{future}}$  = precio del futuro ( $\$/T_n$ )

$\text{quant}$  = tamaño del contrato ( $T_n$ )

La distribución de ingresos al momento de cosecha se computa del siguiente modo:

$$\text{ingresos}_i = (f - p_i) \times \text{quant} + y_{pi} \times p_i \times h \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, T$$

donde la probabilidad de cada evento –ingresos<sub>i</sub>– es  $1/T$ .