REVISTA DE INVESTIGACIÓN EN MODELOS MATEMATICOS APLICADOS A LA GESTION Y LA ECONOMIA AÑO 6 – VOLUMEN 1 (2019-I)

CMA IADCOM - UBA | CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN METODOS CUANTITATIVOS APLICADOS A LA ECONOMÍA Y LA GESTIÓN

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas

LATINDEX
http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=2751

http://www.economicas.uba.ar/institutos_y_centros/revista-modelos-matematicos/

SEGURO PARAMÉTRICO CALIBRADO POR CAMPAÑAS SINTÉTICAS DESARROLLADAS MEDIANTE SIMULACIÓN

Sebastián Steyerer
Superintendencia de Seguros de la Nación Av. Pres. Julio A. Roca 721, C1067ABC Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.
steyerer.sebastian@gmail.com

Miguel Fusco
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Av. Córdoba 2122 - 1120AAQ - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.
fuscomiguel@gmail.com

Paula Mutchinick
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Av. Córdoba 2122 - 1120AAQ - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.
pmutchinick@economicas.uba.ar

Resumen

Recibido: 01-03-2019

Aceptado: 13-04-2019

Palabras clave

Riesgo Agropecuario,
Seguro paramétrico,
Simulación.

El presente trabajo evalúa el desempeño de una cobertura paramétrica para el cultivo de maíz, en el área de Granada de España, cuyos parámetros fueron calibrados a través del análisis de campañas creadas sintéticamente mediante simulación.

Las reglas y parámetros de simulación fueron fijados tras el análisis cualitativo y cuantitativo de las series de precipitaciones y temperaturas de las estaciones meteorológicas de la zona.

El índice seleccionado para la cobertura fue el índice de "Situación Hídrica" el cual está compuesto por las precipitaciones, la evapotranspiración del cultivo y las reservas hídricas de la zona a asegurar. Este índice refleja el nivel de estrés hídrico al que estaría expuesto el cultivo analizado.

Mediante el análisis del índice se evaluó, en los períodos críticos del cultivo, las necesidades hídricas para evitar el estrés y se calculó el valor actuarial del costo económico de cubrir dicho estrés mediante riego.

Tras establecer los niveles de cobertura (gatillo) y límites, se evaluó la cobertura propuesta con la base de datos de las estaciones meteorológicas de la zona para validar su aplicación.

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

ISSN (En línea) 2362 3225

INDEXED INSURANCE CALIBRATED BY SYNTHETIC CAMPAIGNS BASED ON SIMULATIONS

Abstract

KEYWORDS

Agricultural Risk,

Index insurance,

Simulation

The present work evaluates the performance of index insurance for maize production in the province of Granada in Spain, whose parameters were calibrated through the analysis of campaigns created synthetically based simulation.

The rules and parameters to simulation were fixed after the qualitative and quantitative analysis of precipitations and temperatures data of the meteorological stations of the zone.

The index selected was called the index of "Water Situation" and is composed of the precipitation, the evapotranspiration of the crop and the water reserves of the area to be insured. This index reflects the level of water stress to which the crop analysed would be exposed.

Through the index analysis, water requirement to avoid stress were evaluated during the critical periods of the crop, and the actuarial value of the economic cost of covering such stress through irrigation was calculated.

After establishing the index insurance trigger and limits, the proposed coverage was evaluated with the data base of the meteorological stations of the zone in order to validate its application.

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

ISSN (En línea) 2362 3225

INTRODUCCIÓN

Las coberturas paramétricas en el sector agropecuario tienen diversas ventajas. Principalmente, las variables climáticas que definen el índice suelen medirse en estaciones meteorológicas oficiales, reduciendo los problemas de información asimétrica habituales en los seguros agrícolas tradicionales. Dentro de los índices que pueden utilizarse en este tipo de coberturas podemos encontrar: Precipitaciones – Temperaturas (máximas, mínimas) – Días grados de temperatura – Radiación solar – Heliofanía – Nieve – Índice de vegetación, IVDN (satelitales) – Humedad del suelo (radares) – Balance hídrico.

Adicionalmente, no es necesario que la compañía aseguradora inspeccione los campos para tasar las pérdidas y fijar una indemnización, reduciéndose así los costos administrativos que influyen en el costo final del seguro.

Las ventajas señaladas para los seguros de índice se contraponen con la desventaja de que la indemnización puede no estar perfectamente correlacionada con las pérdidas reales del asegurado, que se denomina riesgo base o básico.

La cobertura propuesta, intenta sortear los problemas de información del rendimiento utilizando un índice simple (respecto a las variables que usa) pero que mantiene el espíritu de una buena cobertura paramétrica. Es decir, indemnizar un daño, lo más cierto posible, en caso de cumplirse lo establecido por el índice, cubriendo así la pérdida de rendimiento final. (Hellmuth, Osgood, Hess, Moorhead, & Bhojwani, 2009)

1. Metodología

En esta sección se establecerán primeramente las características principales de la cobertura propuesta, definiendo la zona objetivo de la cobertura, las estaciones meteorológicas que fueron utilizadas para la definición del índice y el cultivo que será cubierto. Posteriormente, se expondrán las nociones necesarias para describir el balance hídrico y el estatus de estrés hídrico, definiendo en este punto el índice a utilizar. Finalmente, se indica el procedimiento para la cotización de la prima del seguro.

Zona elegida

La zona seleccionada para establecer la cobertura fue la localidad de Granada. Esta localidad se encuentra incluida en la zona agrícola de Andalucía, la más importante de España. Las hectáreas de cultivos de agricultura en la provincia de Granada representan un 13% del total de Andalucía.

Respecto a los cultivos desarrollados en la zona, el maíz es el principal cultivo de regadío ocupando más del 56% de las hectáreas destinadas para estos cultivos herbáceos.

Al ser una zona en expansión, ampliar las herramientas para cubrir los riesgos a los que están expuestos los productores es una necesidad y una oportunidad para el desarrollo de nuevas coberturas.

Respecto a las coberturas paramétricas, al ser una localidad de dimensiones pequeñas y al contar con más de una estación meteorológica, se podrá reducir el riesgo base implícito en este tipo de seguros.

Estaciones meteorológicas seleccionadas

A fin de calcular el índice de la cobertura, se utilizó como base de datos la información compilada por las estaciones meteorológicas del Aeropuerto y de la Base aérea de La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)[1].

Tabla 1 Estaciones Meteorológicas Principales

INDICATIVO	NOMBRE	PROVINCIA	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
5530E	GRANADA AEROPUERTO	GRANADA	567	371123N	034722W
5514	GRANADA BASE AÉREA	GRANADA	690	370810N	033800W

Fuente: Elaboración Propia

Se estableció, como estación principal, la estación 5514 detallada en la Tabla 1 ya que es la que cuenta con mayor cantidad de datos disponibles (1/1/1951 al 29/2/2012). Con este rango de datos contamos con un total de 22.340 registros.

Teniendo en cuenta que la información compilada por la estación principal tenía datos faltantes, se incorporó al análisis la estación 5530E también detallada en la Tabla 1, con datos disponibles desde el 1/7/1972, a fin de completar las series que presenten problemas de información. La distancia entre estaciones no supera los 15km y tienen un coeficiente de correlación significativo.

Para el ajuste de datos, para la temperatura se ajustaron los datos faltantes mediante promedios móviles. La cantidad de datos utilizados para el promedio móvil fue variando en función de la tendencia de la serie siendo de entre 2 y 4 valores para interpolar. En caso de que la base carezca de 2 o más datos consecutivos se recurrió a la estación meteorológica de respaldo (correlación del 99.2%).

Para el caso de las precipitaciones, para el período donde solo contamos con información de la estación principal (1/1/1951 al 1/7/1972), se opta por este criterio conservador asignándole el valor 0 a los datos faltantes en este rango de fechas. En caso de datos faltantes a partir del 1/7/1972 se complementa la serie con la estación complementaria 5530E (correlación del 90.1%). (Medina-Rivera, Montoya-Restrepo, & Jaramillo-Robledo)

Cultivo seleccionado

El cultivo seleccionado para este seguro será el maíz. Fue elegido por su alta sensibilidad al déficit hídrico.

Período de análisis[2]

En las zonas húmedas de España el maíz debe sembrarse a partir del 25 de abril siempre que las condiciones climáticas lo permitan. De acuerdo con la zona y la altitud en la que se coseche, esta fecha recomendada irá variando.

Específicamente para el análisis se utilizó como fecha de siembra el día 10 de mayo. Dada la información disponible se estableció el período desde el 14 de abril (25 días antes de la posible siembra) hasta el 11/10 (fecha posible de cosecha) como período de análisis de la cobertura. Se comienza el análisis antes de la fecha de siembra a fin de contar con una situación hídrica previa a dicha fase. Esta situación hídrica previa, sumada a los recursos iniciales disponibles, definirán los recursos hídricos a la hora de sembrar.(González & J García González, 1982)

[1] Recuperado de http://www.aemet.es.
[2] Se adopta para el modelo las fechas establecidas en González, M., & J García González, J. (1982). Cultivo del maíz en las zonas húmedas de España.

Balance Hídrico Superficial[3]

La base para el análisis realizado es el concepto de Balance Hídrico Superficial (BHS). El BHS es la estimación del estado de humedad de una zona, estando éste asociado al aporte de agua recibida y mermado por las demandas climáticas y biológicas del ciclo hidrológico.

Conceptualmente, el objetivo será evaluar los flujos de agua que entran y salen del sistema del cultivo dentro de un determinado período de tiempo. El riego (R) y la precipitación (PP) proporcionan agua a la zona radicular. Parte de R y PP pueden perderse por Escorrentía (E), e infiltración profunda (I) la cual eventualmente recargará la capa freática. El agua también puede ser transportada hacia la superficie mediante capilaridad (C) desde la capa freática sub-superficial hacia la zona de raíces o ser incluso transferida horizontalmente por flujo sub-superficial de la zona radicular (ΔSF).

Entonces, para el cálculo del BHS tendremos por un lado las precipitaciones (PP) recibidas que, parte vuelve a la atmósfera, ya sea por evaporación directa (desde la tierra) o por transpiración vegetal (evapotranspiración), y otra parte es drenada desde la superficie hasta la cuenca (escorrentía e infiltración).

Por lo tanto, la ecuación del BHS quedará definida como se indica en la ecuación (1).

$$R + PP + C = ETR + E + I + C \pm \Delta FS \qquad (1) \qquad (1)$$

Dada la dificultad para cuantificar ciertos elementos del BHS, principalmente por la falta de mediciones directas en campo, se adoptaron las simplificaciones propuestas por (Ordoñez, 2011): 1) Excepto bajo condiciones de pendientes pronunciadas, normalmente los valores de FS_{in} y FS_{out} son mínimos y pueden no ser considerados (ΔSF = 0). 2) Se supone que las variaciones subterráneas son despreciables (C = 0 y I = 0). 3) Suponer que las variaciones del agua almacenada en la cuenca son despreciables para un período suficientemente largo (E = 0).

La ecuación (2) es la versión simplificada del BHS.

$$R + PP = ETR \qquad (2) \qquad (2)$$

Basado en la fórmula simplificada del BHS, se define SH_i como la Situación Hídrica del momento i. Siendo su cálculo como se indica en la ecuación (3).

$$SH_i = PP_i - ETR_i + SH_{i-1} \qquad (3) \qquad (3)$$

La SH del momento i depende del nivel registrado de precipitaciones, de la evapotranspiración generada por las condiciones meteorológicas, del período fenológico del cultivo y de la SH del período anterior. La idea de esta ecuación es ir encadenando los procesos de cada uno de los períodos dentro de la campaña.

Si el resultado de la ecuación (3) es positivo ($SH_i > 0$), el cultivo no se encuentra expuesto a un estado de estrés hídrico; en cambio si el resultado de la ecuación resulta menor a cero, la planta se encuentra expuesta a estrés hídrico y requiere que ese estrés sea saneado mediante riego. La exposición a estrés hídrico genera en el cultivo distorsiones en el óptimo desarrollo de éste.

[3] Ordoñez, J. (2011). Balance Hídrico Superficial. Cartilla Técnica-Sociedad Geográfica de Lima-Foro Peruano para el Agua Global Water Partner ship South América Senahmi-44 pp.

De acuerdo con la etapa fenológica el impacto del estrés hídrico irá variando. El efecto de la falta de agua será particularmente importante en tres estadios de desarrollo de la planta: 1) El primero es en el inicio de la floración, momento en que se determina el número potencial de granos. 2) El segundo se refiere al período de fertilización, momento en que se fija el potencial de producción. 3) Y el último se refiere a la fase de llenado de grano, momento en el cual se define la calidad de la producción. La ecuación (4) indica el cálculo para SH_1. Donde RI_0 representa las reservas hídricas que reporta el campo al inicio del análisis.

$$SH_1 = PP_1 - ETR_1 + RI_0 \quad (4)$$

La disponibilidad de agua de un suelo depende de la profundidad de las raíces y de las características del suelo. El agua en suelos de tipo arenoso está retenida con menos fuerza que en suelos de tipo arcilloso. Es así, que para evaluar las relaciones hídricas de las plantas es necesario evaluar cuantitativamente la humedad disponible en el suelo y las características de retención de agua.

Tomando como parámetros medios para el análisis un suelo entre Franco-arenoso y Franco con raíces de 1.1m de profundidad, el agua disponible para nuestra cotización estará entre 100 mm y 220 mm. Estos dos escenarios serán los utilizados en los apartados siguientes[4].

Cálculo del BHS[5]

Como fue expuesto en el apartado anterior, para analizar la Situación Hídrica, será necesario contar con las Precipitaciones del período y con la Evapotranspiración asociada a ese período.

Las precipitaciones serán consideradas como un dato "dado". Si bien todos los componentes de la ETR pueden ser considerados como dados, éstos requerirán de una transformación para poder exponer el coeficiente. En cambio, el dato de las precipitaciones es utilizado directamente. Por lo expuesto, se describirán los elementos que afectan la determinación ETR.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo.

Esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el cultivo se desarrolló y proyecta más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando éste cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El concepto de Evapotranspiración presenta dos diferentes definiciones, por un lado, Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) y por el otro Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c).

ET_o es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. Se calcula utilizando una superficie de referencia (pastizal) a fin de que sea independiente de las características del cultivo que se haya seleccionado para el cultivo.

[4] Recuperado de www.elriego.com.

[5] Ordoñez, J. (2011). Balance Hídrico Superficial. Cartilla Técnica-Sociedad Geográfica de Lima-Foro Peruano para el Agua Global Water Partner ship South América Senahmi-44 pp.

Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56): Food & Agriculture Org.

Los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ET_o es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos.

ET_c se refiere a la Evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo con las condiciones climáticas reinantes. Esta es la variable de relevancia para el análisis a realizar.

Dada la complejidad de cálculo de la ET_c, se utilizará una simplificación del método de Penman-Monteith a fin de calcular ET_o y se ajustará dicho cálculo mediante un parámetro definido como Coeficiente del Cultivo de acuerdo con la ecuación (5).

$$ETc = K_c \times ET_o \qquad (5)$$

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de ET_o. Por lo tanto, mientras ET_o representa un indicador de la demanda climática, el valor de Kc varía principalmente en función de las características particulares del cultivo.

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Los valores de K_c utilizados para el cálculo de la ET_c son los tabulados en función de la etapa en la que el cultivo teórico se encontraría. Para transiciones de etapas se hicieron interpolaciones lineales.

Dado que en nuestra base de datos solo contamos con información de temperaturas media, máxima, mínima y precipitaciones, debemos evaluar la utilización de una fórmula alternativa de cálculo para la evapotranspiración de referencia.

La ecuación de Hargreaves (6) será la que utilizaremos para estimar ET_oR_a representa la radiación extraterrestre y se encuentra tabulada de acuerdo a la latitud y longitud de España. Para las trancisiones de mes a mes, a fin de suavizar el salto en la radiación, se utilizaron interpolaciones lineales tomando los últimos 5 días del primer mes y los primeros 5 días del mes siguiente.

$$ET_o = 0{,}0023\,(T_{media} + 17{,}8)\,(T_{max} - T_{min})^{0,5}\,R_a \qquad (6)\ \ (6)$$

Cobertura propuesta

Establecidos la zona, el período y los elementos técnicos que serán utilizados para el seguro, describiremos las características propias de la cobertura propuesta.

Inicialmente la cobertura planteada, estaba orientada a cubrir la merma de rendimiento del cultivo por estrés hídrico. Es decir, se simularían las campañas y se analizaría, al final de ésta, cuántas observaciones registraron estrés ($SH_i < 0$) y cuál fue su magnitud. En función de esto se asociaría una merma en el rendimiento del cultivo y por ende una reducción en los quintales producidos.

Siendo que el cultivo de maíz en la zona se hace mediante regadío, y esta variable depende estrictamente del productor, no es posible incorporarla en el análisis de la SH como una variable aleatoria. El riego define el grado de exposición al estrés hídrico por lo que el productor, o mejor dicho, los recursos que pueda destinar el productor a garantizar la disponibilidad de riego definirán el nivel de riesgo a correr.

Claro está que, por las condiciones climáticas de la zona, un nivel medio de riego será necesario hasta en las mejores campañas. Por lo que esta cobertura plantea cubrir el costo asociado a los milímetros de agua destinados a riego, en los períodos críticos del cultivo, por encima de un nivel de riego medio a fin de evitar el estrés hídrico. (González & J García González, 1982)

Los períodos críticos elegidos serán[6]: 1) **Inicio de la floración**, momento en que se determina el número potencial de granos y período de fertilización, momento en que se fija el potencial de producción. Estos dos momentos son los más importantes en lo que respecta a requerimientos hídricos. El análisis se centra en los quintetos (Q_i) 17 y 21. 2) Adicionalmente se analizaron los requerimientos al **final de la cosecha** (Q_{36}). Este análisis permite capturar el proceso de llenado de grano, momento en el cual se define la calidad de la producción.

Por lo tanto, la cobertura pretende garantizar, en situaciones climáticas extremas, los recursos excedentes para evitar el estrés hídrico del cultivo y garantizar tanto la cantidad como la calidad de la producción.

A diferencia de la cobertura inicialmente planteada, esta cobertura no cubre la pérdida de rendimiento del cultivo sino la merma en el Resultado Neto del producto por tener que invertir más recursos en riego.

Los umbrales de activación y los milímetros que se indemnizarán se detallarán en el apartado *Resultados*.

Cotización del seguro propuesto[7]

Como fue expuesto anteriormente, a fin de analizar la exposición al estrés hídrico del cultivo durante toda una hipotética campaña y la eventual demanda de riego, se propone simular cada uno de los componentes de la ecuación (4) desde Q_1 (situación previa al cultivo) hasta Q_{36} (cosecha).

Se le asignará una distribución de frecuencia a cada una de las variables del modelo, permitiendo analizar el ajuste respecto a la base de datos y su posterior impacto en los resultados finales.

El software elegido generará números aleatorios acordes a las distribuciones establecidas, simulando cada uno de los componentes de la SHi hasta concluir la observación en SH_{36}. Esto será considerado como una observación. El proceso se repetirá 10.000 veces a fin de contar con una vasta cantidad de observaciones.

Características de los elementos a simular

A fin de valuar el riesgo de estrés hídrico al que estaría expuesto el cultivo, se procederá a generar series sintéticas de campañas. Se analizaron las caraterísticas cualitativas y cuantitativas de los elementos que componen la ecuación del BHS simplificado para generarlas mediante procesos de simulación.

Se omitirá la variable riego, ya que responde a una herramienta que tiene el productor para evitar el estrés hídrico y que será nuestra variable de ajuste.

Con la finalidad de simular una campaña se irá evaluando la situación hídrica en cada momento i hasta llegar a la cosecha teórica.

[6] Fassio, A. (1998). Maíz, aspectos sobre fenología, Alberto Fassio, Ana Inés Carriquiry, Cecilia Tojo, Ricardo Romero. Serie técnica. 101.

[7] Klugman, S. A., Panjer, H. H., & Willmot, G. E. Loss Models: From Data to Decisions, 1998: John Wiley & Sons, New York.

Para ello es necesario en cada momento i simular: 1) Precipitaciones del período. 2) Temperatura media. 3) Amplitud Térmica (diferencia entre temperatura máxima y mínima).

Por lo expuesto, se procederá a caracterizar las variables a simular. La caracterización fue realizada de acuerdo a las observaciones ajustadas de la base de datos.

Si bien la base de datos expone los valores diarios de los valores de interés, se optó por agruparlos en quintetos (Q_i) para su análisis. Misma agrupación se realizó a la hora de simular las variables. Quedará definido como Q_1 desde la fecha 15/4 al 19/4, éste es el período donde se comienza a analizar las variables. Q_{36} es el último período de análisis y converge con la cosecha del cultivo hipotético.

Análisis precipitaciones

Con el fin de analizar las características cualitativas de las precipitaciones anualmente, se agrupó la información en forma de dato de panel.

Del análisis de los datos de panel, se definieron tres subperíodos. Un primer período demarcado por frecuentes precipitaciones (15/4 al 8/6), seguido de un período bajo en precipitaciones (9/6 al 3/9) y por último un período de alta frecuencia de precipitaciones (4/9 al 11/10).

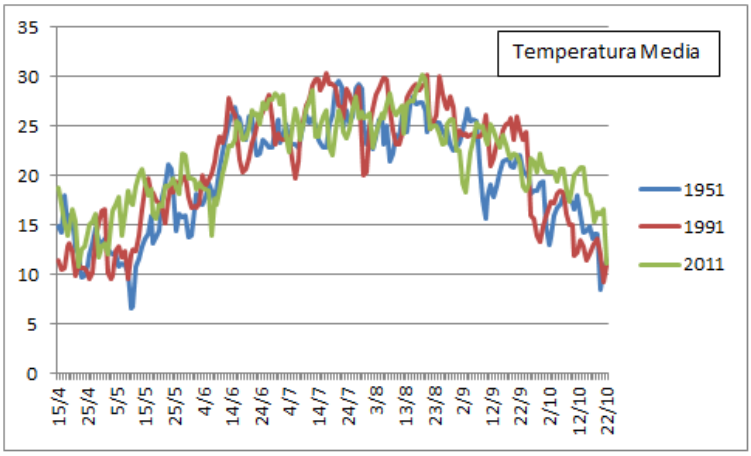
Para la simulación se utilizarán distintos criterios teniendo en cuenta estas características cualitativas de las precipitaciones.

Análisis Temperatura

A fin de analizar la variación histórica en cada período se grafican las series de Temperatura Medias de 1951, 1991 (40 años después) y 2011 (60 años después). Ver Gráfico 1.

Contrariamente a lo que se esperaría, no se refleja un incremento sostenido a lo largo del tiempo. En contraposición a esto, por ejemplo en el mes de junio, el año 2011 fue el año que menores temperaturas medias registró. Se descartó por lo tanto la presencia de tendencias para el análisis.

Gráfico 1: Temperaturas medias históricas



Fuente: Elaboración propia

El proceso de simulación por cada quinteto Q_i será:

- Simular tipo de período (seco o regular).
- Simular amplitud térmica y temperatura media.

- Se selecciona el valor R_o de tabla y se calcula ET_o conforme a la ecuación (6).
- Se define K_c de acuerdo al período fenológico correspondiente al Q_i simulado.
- Se calcula ET_c conforme a la ecuación (5).

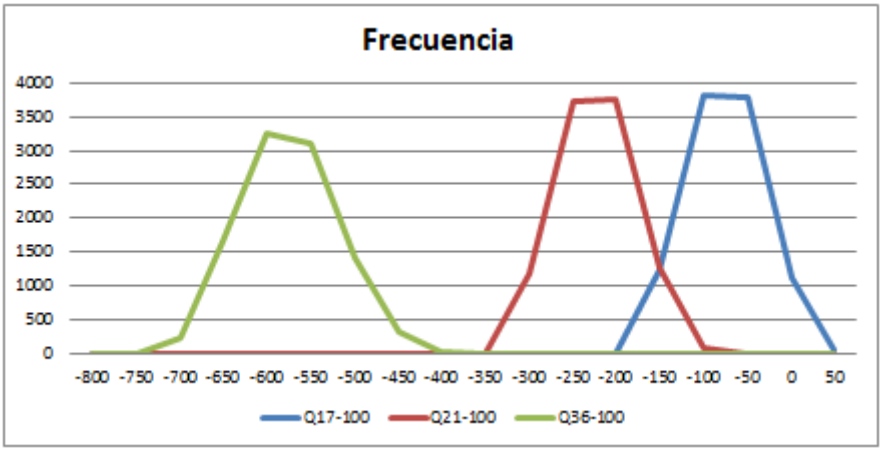
Resultados

Cotización del seguro

Para este modelo, se establecieron 150 input y 72 output. Es decir, que para cada una de las campañas, se simularon 150 variables que fueron recopilando sus valores en 72 variables de salida (PP y ETc por cada Qi). Repitiendo este procedimiento 10.000 veces.

En los Gráficos 2 y 3 se exponen las distribuciones de frecuencia simple y acumulada de las Situaciones Hídricas de los períodos críticos.

Gráfico 2 Distribución de Frecuencia (RH=100mm)

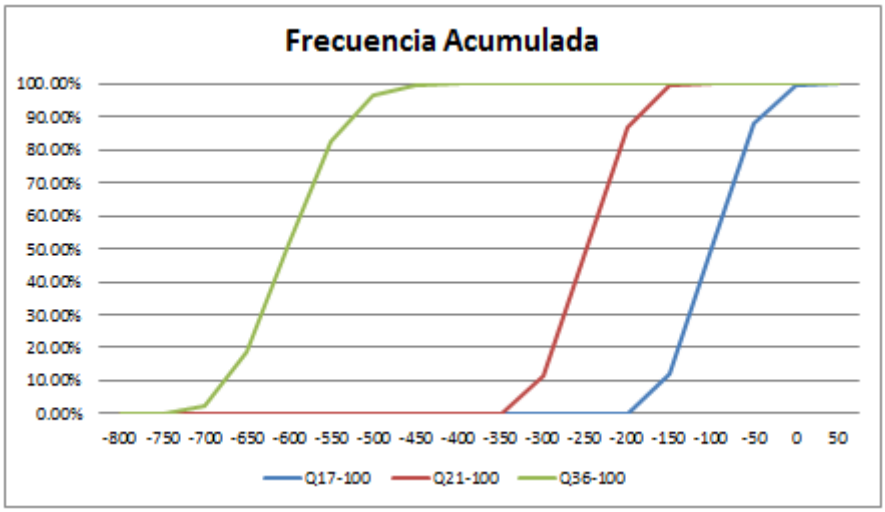


Fuente: Elaboración propia

Del análisis de las campañas simuladas se desprende que, de acuerdo a lo esperable, a medida que se acerca la fecha de siembra, el déficit hídrico aumenta en intensidad. Esto refleja las necesidades de riego inherentes en la zona y valida el desarrollo del seguro propuesto.

Los registros de los déficit en cada quinteto Q_i reflejan un comportamiento "normal" presentando una curva más platicúrtica en el período Q_{36}. Este comportamiento más aleatorio puede ser atribuído a que este período absorbe la aleatoriedad de todos los períodos y todas las variables que fueron simuladas en cada uno de ellos. Por lo expuesto se considera previsible encontrar que los primeros períodos presenten una curva con menor desvío que los que reflejen los períodos finales.

Gráfico 3 Distribución de Frecuencia Acumulada (RH=100mm)



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se puede observar cuantitativamente, lo expuesto en la Tabla 2. En ambos escenarios de RH los desvíos aumentan como así también disminuyen (aumenta el estrés hídrico) las medias de la Situación Inicial.

Tabla 2 Análisis Cuantitativo

Situacion Hidica Inicial	100			220		
Qi	Q17	Q21	Q36	Q17	Q21	Q36
Fase	inicio periodo critico	fin periodo critico	fin cultivo	inicio periodo critico	fin periodo critico	fin cultivo
Maximo	31.23	(106.82)	(398.24)	151.23	13.18	(278.24)
Minimo	(195.66)	(347.71)	(772.43)	(75.66)	(227.71)	(652.43)
Media	(100.30)	(248.35)	(600.82)	19.70	(128.35)	(480.82)
Desvio	40.49	41.60	53.43	40.49	41.60	53.43
Percentil 1	(176.64)	(328.26)	(712.57)	(56.64)	(208.26)	(592.57)
Percentil 5	(162.59)	(312.68)	(686.68)	(42.59)	(192.68)	(566.68)
Percentil 10	(153.55)	(302.66)	(668.47)	(33.55)	(182.66)	(548.47)
Percentil 40	(113.63)	(261.28)	(616.75)	6.37	(141.28)	(496.75)

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las probabilidades de estrés, solo con un 0,5% de probabilidad no se observa estrés en el inicio de la floración (Q_{17}). Para $i > 17$ siempre se registrará estrés hídrico, variando sí su intensidad.

Para el caso de 100 mm de Reserva Hídrica, se registraron mínimos de (772,43) implicando una diferencia de 171,61 mm de estrés hídrico. Asimismo se observa un estrés de 155,68 mm respecto al percentil 40 y un estrés de 103,12 mm respecto al percentil 10.

Se tomará como riego mínimo, para una buena práctica agropecuaria, a la cantidad de milímetros necesarios para cubrir las necesidades hídricas en el percentil 40. Es decir, para Q_{17}, Q_{21} y Q_{36} los milímetros necesarios serán 113,63 mm, 261,28 mm y 616,75 mm.

Tomando como parámetro esta cantidad de milímetros de riego, se definirá como umbral de activación de la cobertura los milímetros de agua correspondientes al percentil 10. Es decir que

para Q_{21} y Q_{36} los gatillos serán 300 mm, 670 mm, para una reserva Hídrica Mínima de 100 mm y 180 mm, 550 mm para las reservas hídricas máximas acordes a las capacidades de nuestro experimento (220 mm en un terreno con suelo entre Franco-arenoso y Franco con raíces de 1.1m de profundidad).

Fueron seleccionados estos niveles de gatillos con el fin de garantizar por un lado la existencia de un riesgo considerable y por el otro minimizar el riesgo base. Esto atento a que, si una buena práctica agrícola debería garantizar las necesidades hídricas en el 60% de los casos, la diferencia entre los milímetros del percentil 40 y el percentil 10 permitiría que las distorsiones entre la indemnización propuesta por el seguro y el verdadero daño patrimonial registrado por el productor sea mínimo. Esto teniendo en cuenta que sea cual sea el nivel de milímetros necesario para evitar el estrés a campo, a estos niveles catastróficos de exigencias hídricas, y dada la amplitud entre los milímetros requeridos en cada percentil, la probabilidad de que el asegurado sea indemnizado sin haber sufrido un daño es mínima.

Sí se mantiene el riesgo base sobre la no indemnización, en casos donde el asegurado registre a campo valores de SI menores al gatillo pero que el índice no haya disparado en el período crítico. Este riesgo no puede ser minimizado con la selección de los gatillos, sino que será virtud del modelo utilizado y de los ajustes sobre éste en función de las características del asegurado (tanto tipo de suelo como reserva hídrica).

Para el cálculo de la frecuencia para la prima pura se evaluará la probabilidad de ocurrencia de cada una de las posibles situaciones hídricas - p(SIi) -. Cada probabilidad se ponderará por la cantidad de milímetros por encima del gatillo definido anteriormente. Las frecuencias quedarán definidas según la ecuación (7).

$$Fr_1 = \sum p(SI_i)\,(SI_i - Gt_1) \qquad (7)$$

$$Fr_2 = \sum p(i)\,(SI_i - Gt_2)$$

La frecuencia 1 corresponde al momento Q_{21} y como máximo indemnizará 50 mm. La frecuencia 2 corresponde al período 36 (cosecha) e indemnizará como máximo 105 mm. Esto teniendo en cuenta una reserva inicial mínima.

Definiremos Costo.mm como el costo del milímetro de agua para riego agrícola en el mercado.

Como los gatillos son colocados de acuerdo con las RH, la prima pura de la cobertura será la indicada en la ecuación (8).

$$\text{Prima Pura} = 3{,}35 \times \text{Costo.mm} \qquad (8) \qquad (8)$$

La prima pura así calculada representará el costo por goteo del sistema de riego colocado[8]. Es decir, el asegurado abonará dicha suma por cada una de las descargas del sistema por campaña.

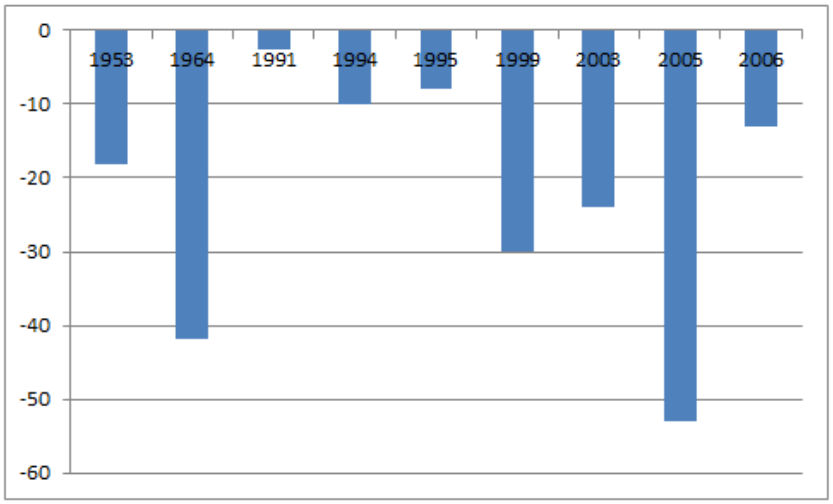
Evaluación del seguro

Se procedió a evaluar la cobertura propuesta con los datos de la base de datos utilizada para caracterizar las variables del modelo. La base cuenta con 61 campañas entre los años 1951-2011. Se evaluó únicamente la cobertura al final de la campaña.

[8] El sistema de riesgo supuesto es el riego por goteo, para más información visite http://www.elriego.com.

Como puede observarse en el Gráfico 4 la cobertura se activa 9 veces con intensidades variables. Las campañas que mayor cobertura demandaron fueron las campañas de 1964 y 2005 con 41,75 mm y 53,3 mm de indemnización.

Gráfico 4 – Evaluación de la cobertura



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Tras analizar el desempeño de la cobertura con los registros de la base de datos de las estaciones meteorológicas del área, es posible considerar que la cobertura propuesta sería de viable aplicación y que podría ser una herramienta de cobertura interesante para la zona en cuestión dadas las condiciones climáticas de ésta.

Se observa un número considerable de indemnizaciones por lo que se podría considerar que la cobertura ampara los riesgos para la que fue desarrollada. Sin perjuicio de esto, dada la intensidad de las indemnizaciones registradas, podría ser que el modelo esté sobreestimando el nivel de precipitaciones en cada período elevando el valor de los gatillos.

De la experiencia es posible concluir que sería viable el desarrollo de seguros paramétricos utilizando para la definición de sus parámetros campañas "sintéticas" desarrolladas mediante la metodología de simulación.

Esta metodología permitiría disminuir la problemática de información inherente a las coberturas de tipo paramétricas, pudiendo así eludir el uso de metodologías que relacionen las variables climáticas con datos de rendimiento.

El desafío que encuentra el desarrollo de este tipo de coberturas en la Argentina es que, dada la naturaleza de estos, es necesario recalibrar los gatillos en cada zona que se decida comercializar. Esto no sería un problema desde el aspecto cuantitativo (cálculo actuarial) ya que el desarrollo de software específico permitiría introducir los datos históricos utilizados para la confección del índice y recalcularlos. Pero sí encuentra un problema desde la disponibilidad de datos específicos de la zona y que estén avalados por alguna institución. Se puede contar con mediciones "caseras" pero serán pocos datos y no se puede garantizar la calidad de estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Vol. 56): Food & Agriculture Org.

Bert, F. E., Satorre, E. H., Toranzo, F. R., & Podestá, G. P. (2006). Climatic information and decision-making in maize crop production systems of the Argentinean Pampas. *Agricultural Systems, 88*(2), 180-204.

Bryla-Tressler, D. (2011). Weather index insurance for agriculture: Guidance for development practitioners. *Agriculture and Rural Development Discussion Paper, 50*.

Eyhérabide, G. H. G. H. (2012). Bases para el manejo del cultivo de maíz: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina).

Fassio, A. (1998). Maíz, aspectos sobre fenología, Alberto Fassio, Ana Inés Carriquiry, Cecilia Tojo, Ricardo Romero. *Serie técnica. 101*.

González, M., & J García González, J. (1982). Cultivo del maíz en las zonas húmedas de España.

Hardy, M. R. (2006). An introduction to risk measures for actuarial applications. *SOA Syllabus Study Note*.

Hellmuth, M. E., Osgood, D. E., Hess, U., Moorhead, A., & Bhojwani, H. (2009). Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management: International Research Institute for Climate and Society (IRI).

Klugman, S. A., Panjer, H. H., & Willmot, G. E. (2012). *Loss models: from data to decisions* (Vol. 715): John Wiley & Sons.

Medina-Rivera, R. D., Montoya-Restrepo, E. C., & Jaramillo-Robledo, Á. ESTIMACIÓN ESTADÍSTICA DE VALORES FALTANTES EN SERIES HISTÓRICAS DE LLUVIA.

Ordoñez, J. (2011). Balance Hídrico Superficial. *Cartilla Técnica-Sociedad Geográfica de Lima-Foro Peruano para el Agua Global Water Partner ship South América Senahmi-44 pp*.

Pecar, M., & Miguez, D. (2006). Herramientas para la gestión eficiente del riesgo agrícola. ORA Biblioteca Virtual. Buenos Aires, AR.

Sadras, V. O., & Calvino, P. A. (2001). Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, sunflower, and wheat. *Agronomy Journal, 93*(3), 577-583.