

Asociación Argentina de Economía Agraria

Noviembre, 2011

**SEGURO BASADO EN ÍNDICE CLIMÁTICO PARA LA
PRODUCCIÓN DE SOJA EN ARGENTINA**

Laura B. Gastaldi
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Rafaela
lgastaldi@rafaela.inta.gov.ar

Daniel Osgood
International Research Institute for Climate and Society (IRI-Columbia University)
deo@iri.columbia.edu

Guillermo Podestá
University of Miami RSMAS/MPO
gpodesta@rsmas.miami.edu

Daniel Lema
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria IES - UCEMA
danilema@correo.inta.gov.ar

SEGURO BASADO EN ÍNDICE CLIMÁTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN ARGENTINA

Resumen

Un instrumento novedoso para gestionar riesgos climáticos es el seguro basado en índice climático. Pese a su creciente difusión en el mundo, estos seguros también llamados paramétricos, no se utilizan en la Argentina. El objetivo en este trabajo es exponer la utilidad potencial de los mismos en el sector agrícola argentino a partir del diseño de un producto hipotético para sequía en soja de primera ocupación. El seguro se diseñó para el partido de Pergamino, considerando el comportamiento de las lluvias registradas en el lugar entre las campañas agrícolas 1931/1932 a 2009/2010. La cobertura de sequía se diseñó para el período de floración de la soja de 1°, cuyas fechas de inicio y fin de floración se establecieron teniendo en cuenta las prácticas agrícolas más habituales en la región. Se definió “evento de sequía” cuando las lluvias acumuladas durante el período de cobertura fueron inferiores a 130 mm. Dicho valor, denominado índice disparador, fue utilizado para estimar retrospectivamente las indemnizaciones que hubiesen tenido lugar entre 1931/1932 y 2009/2010. Este seguro hipotético hubiese indemnizado en 13 de las 79 campañas analizadas. La máxima indemnización hubiese sido del 100% en la campaña 1942/1943. La frecuencia de pago y el monto de la indemnización fue variable a lo largo de los años, variando consecuentemente la prima asociada a la cobertura. El mayor desafío reside en la selección correcta de los parámetros a utilizar y de los supuestos sobre el comportamiento futuro de las lluvias, que determinarán el premio del seguro. Finalmente, se menciona la continuidad de este trabajo orientado a estudiar metodologías de diseño de seguros basados en índices para cultivos anuales y de cotización en diferentes escenarios climáticos.

Palabras claves: seguro índice – soja – sequía – Argentina

Clasificación temática: Sistemas agropecuarios y agroindustriales

Abstract

Climate index insurances are a new tool to manage climate risks. Despite these insurances are used in the world, they are not used in Argentina. The goal of this paper is to show their potential useful in Argentina agricultural sector through a hypothetical product against drought affecting soybean. This insurance was designed for Pergamino using rainfall data since 1931/1932 to 2009/2010. The insurance was designed to cover soybean flowering period in that region. We called “drought event” when accumulated rainfall during flowering period were less than 130 mm. This value, named trigger index, was used to estimate payouts since 1931/1932 to 2009/2010. We found that this insurance would have paid in 13 of 79 crop annual periods analyzed. The maximum payout was 100% and it would have occurred in 1942/1943. The amount and frequency of payouts were variable through years and they affected the premium. The correct selection of parameters and rainfall future assumptions are the most important challenges, because they will affect insurance premium. Finally, we will continue this research in order to study design methodologies of climate index insurance for annual crops and pricing methodologies in different climate sceneries.

Key words: index insurance - soybean – drought – Argentina

SEGURO BASADO EN ÍNDICE CLIMÁTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN ARGENTINA

I. Introducción

El cambio climático está incrementando la frecuencia e intensidad de eventos adversos de carácter sistémico o catastrófico, cuyos daños alcanzan extensas regiones en donde se desarrolla la producción agropecuaria, poniendo en riesgo la estabilidad de las empresas del sector, en especial de las más pequeñas, y perjudicando la economía de los países afectados por la contingencia climática.

La Región Pampeana de la Argentina es una de las principales áreas agrícolas del mundo (Calviño and Monzón, 2009; Viglizzo *et al.*, 1997; Hall *et al.*, 1992) En esta región, la mayor fuente de variabilidad climática interanual es el fenómeno El Niño - Oscilación del Sur – ENSO en sus siglas en inglés – (Barros y Silvestri, 2002; Grimm *et al.*, 2000; Montecinos *et al.*, 2000; Ropelewski y Halpert, 1987), habiéndose demostrado una vinculación entre la ocurrencia de fases extremas de este fenómeno (eventos El Niño o La Niña) y las precipitaciones de noviembre y diciembre (Boullanger *et al.*, 2005); período de implantación y desarrollo de los cultivos de verano.

La soja es el principal cultivo de verano en la Región Pampeana, y ha ocupado en los últimos cinco años entre el 70% al 80% de la superficie destinada a la cosecha gruesa. Esta actividad tiene enorme importancia para la economía argentina, generando anualmente unos 24.000 millones de dólares y aportando alrededor de 7.000 millones de dólares en concepto de impuestos a la exportación (Mira, 2011). El complejo industrial sojero en su conjunto representa aproximadamente el 24% del total de exportaciones argentinas (Lantieri, 2009). Este cultivo es vulnerable al estrés hídrico en el período de floración y hasta fin de la etapa de llenado de grano (Sinclair *et al.*, 1992; Sinclair *et al.*, 2007). El estrés hídrico afecta además la fijación de N, influyendo de manera negativa sobre el rendimiento (Serraj *et al.*, 1998). El período de siembra y desarrollo también es susceptible a déficits de lluvias, aunque su efecto negativo es menor en relación con la etapa de floración. Los excesos de lluvia, en cambio, resultan especialmente dañinos durante el período recomendado de cosecha.

Las acciones para reducir el riesgo climático – o de cualquier tipo como precios, plagas y enfermedades, etc. – pueden ser clasificadas en tres grupos: (a) de gestión o manejo del riesgo a cargo del productor – es decir, dentro de la explotación agropecuaria –, (b) programas de ayuda pública, y (c) de tercerización o transferencia – total o parcial – del riesgo a un tercero. El primer grupo incluye las estrategias que los productores pueden adoptar asociadas con la elección de tecnologías de manejo del cultivo adecuadas a las condiciones edáficas y climáticas de cada región (sistema de siembra, elección de cultivar, fecha de siembra, etc.). Los programas de ayuda pública involucran acciones posteriores a la ocurrencia del evento adverso, realizadas por actores que incluyen desde el Estado a los productores (Paz, 2004): ejemplos de estas acciones son los diferimientos impositivos, créditos a tasas subsidiadas, etc. Finalmente, la tercerización se refiere a la transferencia del riesgo desde el productor hacia entidades aseguradoras o a través de diferentes formas de integración, incluyendo el uso de contratos.

El mercado de seguros agroclimáticos en Argentina se ha desarrollado a partir de coberturas que requieren inspección in-situ para inspeccionar las consecuencias derivadas de la ocurrencia de un evento climático adverso y para determinar las pérdidas productivas y la indemnización correspondiente. Los seguros de este tipo más difundidos, llamados “tradicionales” o de tipo patrimonial, son las coberturas contra granizo. Estos seguros también pueden cubrir eventos “adicionales” que afectan los rendimientos agrícolas como vientos fuertes, heladas, sequías, inundaciones, etc. También existen seguros multirriesgo, que protegen mermas de rendimiento a consecuencia de eventos climáticos, biológicos y físicos (granizo, helada, vientos, sequía, lluvias fuertes, inundaciones, falta de piso, incendio, enfermedades e insectos que no puedan controlarse, etc.). En general, este tipo de seguros está sujeto a costos de administración significativos. Otro inconveniente es la posibilidad que exista riesgo moral, asociado con la falta de incentivos que tiene el

asegurado para adoptar acciones preventivas que disminuyan los riesgos de pérdida, ya que las mismas son cubiertas por las aseguradoras (Varian, 1996).

Un tipo de cobertura novedosa es el seguro basado en un índice climático (Collier *et al.*, 2009; Hellmuth *et al.*, 2009; Skees *et al.*, 2008; Deng *et al.*, 2007; Chen and Roberts, 2004; Martin *et al.*, 2001); considerado como una solución promisorio para el sector agrícola de países en desarrollo (Boulanger y Penalba, 2010). En este tipo de instrumentos, la pérdida productiva se estima a partir de una o más variables climáticas correlacionadas con los rendimientos. De esta manera, lo que se asegura es un nivel del índice por debajo (o por encima) del cual corresponde indemnizar. También llamados paramétricos, estos seguros se desarrollaron originalmente en el sector energético para compensar la exposición a temperaturas extremas indicadas por los grados-días acumulados de calor y/o frío (HDD y CDD en sus siglas en inglés, respectivamente) (Martin *et al.*, 2001). En la década del 2000 comenzaron a implementarse en el sector agropecuario, existiendo experiencias en países como España, México, Etiopía, Malawi y Nicaragua entre otros (Agroasemex, 2006; Enesa, 2011; Osgood *et al.*, 2007).

Las coberturas paramétricas en el sector agropecuario tienen diversas ventajas. En primer lugar, 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. 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. Otra ventaja atribuida a este tipo de cobertura es su facilidad de interpretación por parte de los productores agropecuarios (Varangis *et al.*, 2005). Finalmente, como las indemnizaciones no están ligadas al éxito o fracaso de la cosecha sino a los valores del índice seleccionado, el agricultor sigue teniendo incentivos para tomar las decisiones más adecuadas, evitándose así el riesgo moral asociado a las coberturas tradicionales.

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. Esto se denomina “riesgo básico” y tiene un origen espacial y otro temporal. El riesgo básico espacial se genera cuando los datos climáticos se obtienen de una estación meteorológica algo alejada del lugar en donde se localiza la empresa asegurada, por lo que los valores del índice pueden no reflejar apropiadamente las condiciones experimentadas por el empresario. El riesgo básico temporal, por otra parte, se presenta porque eventos climáticos adversos que ocurren en diferentes épocas del año pueden tener efectos diferentes sobre el bien asegurado.

Una manera de reducir el riesgo básico espacial es estimando el índice climático que le correspondería al punto geográfico en donde se halla la producción asegurada, teniendo en cuenta datos provenientes de las estaciones meteorológicas más cercanas a ese punto; técnica conocida como interpolación espacial. Otro enfoque alternativo es la estimación de precipitación o índices de vegetación a partir de observaciones satelitales que ofrecen cobertura sinóptica y repetida en el tiempo. En el caso de la precipitación, los métodos más extendidos son dos: (i) el uso de imágenes en longitudes de onda infrarrojas para estudiar las nubes tormentosas y su altura; (ii) el uso de sensores pasivos de microondas (Dinku *et al.*, 2008). En el caso de la vegetación, se utilizan imágenes satelitales en longitudes de onda visibles e infrarrojas. Con estos datos se estima el índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI), que refleja el grado de fotosíntesis de la cubierta vegetal. Los seguros basados en el NDVI suelen ofrecer cobertura frente a una disminución del índice en una zona determinada, situación que normalmente se debería al impacto de una sequía (Ceccato *et al.*, 2008).

En Argentina existen algunos desarrollos de coberturas basadas en índices aún no implementadas. Como ejemplos se citan las propuestas de Gastaldi *et al.* (2009), Gastaldi *et al.* (2010) y Galetto *et al.* (2011), para cubrir excesos y/o déficits de lluvias y/o eventos de estrés calórico en empresas tamberas. Las coberturas, diseñadas en base a datos históricos de producción, fueron validadas con productores tamberos de la cuenca lechera central de Santa Fe. Para cultivos anuales, el

antecedente más cercano corresponde a Gallacher (2011), quien definió una cobertura para maíz basada en un índice de lluvias y otra similar utilizando un índice de rendimientos. También evaluó el comportamiento productivo de la soja en relación con las lluvias, con la finalidad de diseñar un seguro para dicho sector. Si bien los resultados hallados fueron favorables, se identificó la necesidad de emplear modelos de simulación productiva para lograr un mejor ajuste de la cobertura.

Baethgen *et al.* (2008) consideran a los modelos de simulación una herramienta interesante para el diseño de contratos de seguros paramétricos, dado que permiten comprender las interacciones entre el medio ambiente y los sistemas productivos. Estos modelos pueden tener un rango amplio de complejidad, desde modelos sencillos de equilibrio hídrico, como el Índice de Satisfacción de las Necesidades Hídricas (ISNH ó WRSI en sus siglas en inglés) de la Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), hasta modelos más sofisticados como el Sistema de Apoyo a las Decisiones para la Transferencia Agrotecnológica (DSSAT en sus siglas en inglés) (Jones *et al.*, 2003).

En Argentina los seguros basados en índices no están autorizados (Boulanger y Penalba, 2010). Galetto *et al.* (2011) señalan que ello responde a razones de interpretación de la Ley 17418 del año 1967, que regula el contrato de seguros en Argentina, referidas a que el “daño” de un “evento previsto” sea verificado in-situ. Adicionalmente, desde la Superintendencia de Seguros de la Nación Argentina (SSN) se aprecia a los seguros paramétricos como una innovación, y es razonable esperar de parte de los reguladores estatales cierta prudencia a la hora de evaluar su introducción en el mercado, sobre todo si se tiene en cuenta que no existen en el país experiencias comerciales dirigidas a productores. No obstante, diferentes compañías aseguradoras de Argentina y también la Oficina de Riesgos Agropecuarios de la Nación (ORA), consideran de interés el desarrollo de este tipo de productos e implícitamente estiman factible una adaptación del marco regulatorio para incluir esta modalidad de seguros (Galetto *et al.*, 2011).

Dentro de este marco, el objetivo de este trabajo es manifestar la utilidad potencial de los seguros basados en índices climáticos en el sector agrícola argentino mediante el diseño de una cobertura de sequía en soja, evaluada a partir de datos observados y simulados de rendimientos.

II. Metodología

El seguro se diseñó para soja de primera ocupación en la zona de Pergamino, Provincia de Buenos Aires (33°54'40.78"S- 60°36'22.49"W), cultivo que ocupa el 57% de la superficie agrícola respecto al 16% de soja de segunda o el 15% del maíz. La elección de este sitio se basó en la disponibilidad de información y en el hecho que el riesgo asociado a cambios en la cantidad y frecuencia de las lluvias es percibido por los agricultores zonales como un problema relevante para los próximos 10 años (Cabrini y Calcaterra, 2008). Adicionalmente, se trata de una zona es donde existe una alta disposición a la toma de seguros agrícolas. Por ejemplo, en la campaña 2006/2007 el 95% de la superficie sembrada con soja fue asegurada contra granizo a un rendimiento medio de 25 qq/ha (Cabrini y Calcaterra, 2008), siendo el rendimiento medio zonal de 32 qq/ha (campañas 2007/08 a 2009/10, SAGPyA)

a) Diseño del seguro

Para el diseño de la cobertura se consideraron los siguientes parámetros.

- **Evento climático cubierto:** Déficit de lluvias.
- **Estación meteorológica de referencia:** Se emplearon datos pluviométricos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Pergamino, perteneciente a la red de pluviometría del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Los datos

cubren el período julio 1931 - junio 2010 y presentaron la siguiente distribución: i) mediana: 943,10 mm anuales; ii) cuartil 1: 802,3 mm; iii) cuartil 3: 1134,10 mm; iv) máximo: 2014,6 en el período julio 2006-junio 2007; v) mínimo: 511,9 mm entre 1949-1050.

- **Período de cobertura (p_c):** Es el período, medido en días, durante el cual la ocurrencia del evento climático cubierto es posible de ser indemnizado. El período de cobertura propuesto – 21 diciembre a 20 febrero – se especificó a partir de la fenología elaborada por la ORA para la soja de primera ocupación en la región Buenos Aires Norte (donde se encuentra Pergamino), considerando el período crítico de déficit de lluvias de los grupos de madurez de soja más sembrados en la región (Figura 1).
- **Índice climático:** Se consideraron las lluvias diarias acumuladas durante el período de cobertura, expresadas en milímetros (mmp_c). Para calcular las precipitaciones acumuladas, los valores diarios de lluvias se truncaron en 70 mm (máximo permitido), asumiendo que volúmenes de precipitación superiores a ese nivel se pierden por escorrentía.
- **Índice disparador (mm_d):** Es el valor de lluvias acumuladas durante el período de cobertura (mmp_c) que activa el mecanismo indemnizatorio. El valor usado -130 mm- se seleccionó de manera que el seguro garantice entre el 20 y 30% de los requerimientos de agua del cultivo de soja de primera, que en la región de estudio varían entre 450 y 650 mm, respectivamente (Andriani, 2000).
- **Índice de salida (mm_s):** Es el valor del índice por debajo del cual se indemniza el 100% de la suma asegurada. Se seleccionó considerando el valor mínimo de mmp_c registrado en Pergamino durante el período 1931-2010, redondeado al número entero más cercano -50 mm-.
- **Suma asegurada:** Es el capital sobre el cual se calcula la indemnización.

A partir de los parámetros mencionados se determinaron retrospectivamente las campañas en las cuales el seguro hubiese indemnizado y la frecuencia de ocurrencia de los pagos, donde:

- **Derecho a indemnización:**
Cuando $mmp_c < mm_d$
- **Monto de la indemnización (i)**

Si $mmp_c \geq mm_d$	indemnización = 0% de la suma asegurada
Si $mm_d > mmp_c > mm_s$	indemnización = $(mm_d - mmp_c) / (mm_d - mm_s)$
Si $mmp_c \leq mm_s$	indemnización = 100% de la suma asegurada
- **Frecuencia de ocurrencia de las indemnizaciones**
N° de indemnizaciones / N° de años analizados
- **Probabilidad de pago**
N° de años analizados / N° de indemnizaciones

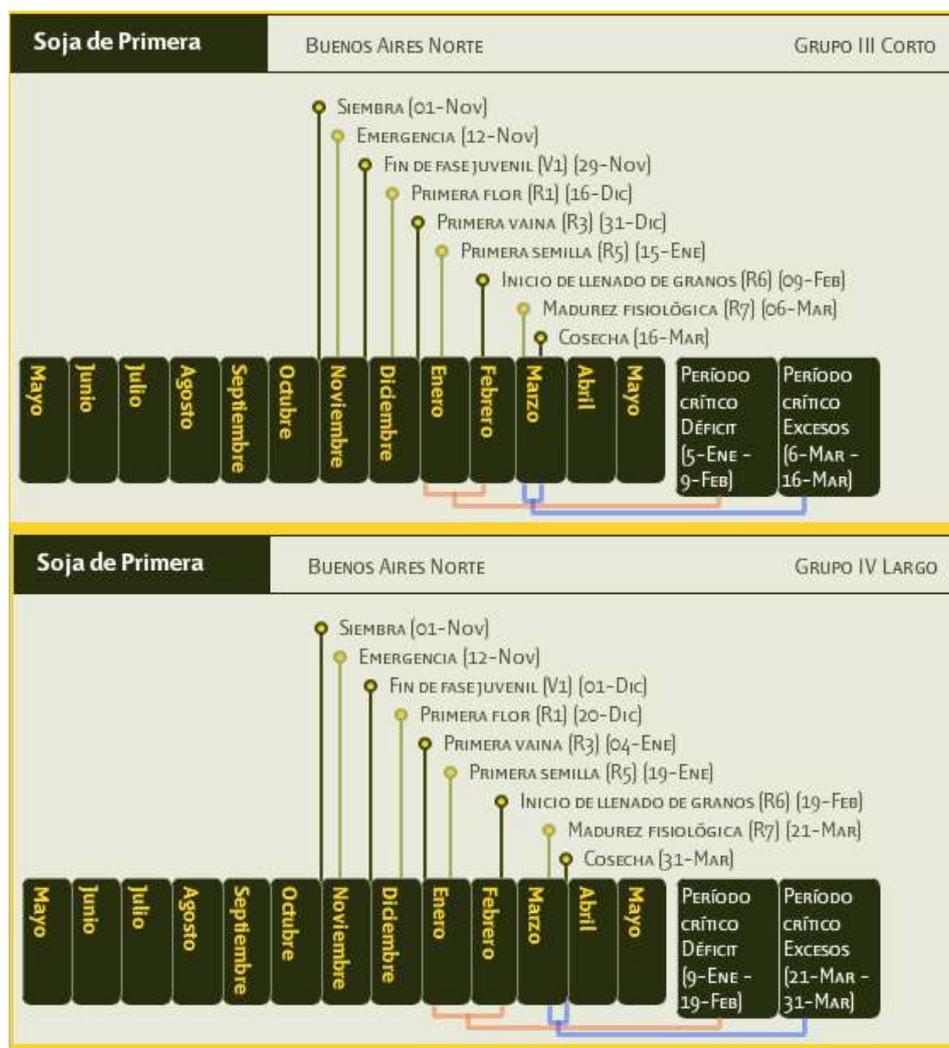


Figura 1. Fenología de soja de primera ocupación en Buenos Aires Norte. Fuente: Oficina de Riesgo Agropecuario, disponible en www.ora.gov.ar.

b) Evaluación del seguro

La evaluación de la cobertura se realizó siguiendo la metodología propuesta por Osgood *et al.* (2007). Consistió en un análisis de correlación entre la serie histórica de indemnizaciones asociadas al seguro hipotético, en donde se integra momento y monto de las compensaciones, con series de pérdidas de rendimientos de soja que reflejan aquellas campañas agrícolas desfavorables pasibles de haber sido indemnizadas.

Las series de pérdidas de rendimientos de soja se construyeron con datos estadísticos y simulados de producción. Las estadísticas de rendimientos corresponden a las estimaciones que anualmente realiza la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (SAGPyA) para el cultivo de soja en general, es decir sin especificar si corresponde a primera o segunda ocupación. La serie utilizada se extiende desde 1980/1981 hasta 2009/2010, y fue corregida por tendencia para remover posibles variaciones productivas asociadas al factor tecnológico. Por su parte, los datos simulados de rendimientos fueron obtenidos para el período 1931-2010 con un software denominado Weather Index Insurance Educational Tool (WIJET), del Instituto Internacional de Investigación en Clima y Sociedad

(IRI). Este software contiene un módulo que permite estimar las necesidades hídricas de cultivos (ISNH ó WRSI en sus siglas en inglés), cuyo índice de satisfacción se asumió próximo del rendimiento (variable proxy). Esta estimación se basa en una ecuación que contempla el comportamiento diario de las lluvias durante el ciclo del cultivo seleccionado, en nuestro caso soja, valores de evapotranspiración potencial, el coeficiente específico del cultivo (Kc) y el coeficiente de factor de respuesta de productividad (Ky), estos últimos publicados por FAO (Osgood *et al.*, 2007).

Para generar las series de pérdidas de rendimientos de soja, se procedió en primer lugar a seleccionar un rinde disparador (r_d), por debajo del cual la campaña se consideró desfavorable. Este rinde disparador se determinó teniendo en cuenta la cantidad de años en que el seguro hubiese indemnizado (probabilidad de pago), asumiéndose la misma proporción de campañas desfavorables. Por ejemplo, si la probabilidad de pago asociada al seguro fue del 20%, el rendimiento crítico se calculó considerando el rendimiento de la serie asociado al percentil 0,20. Luego, la pérdida surgió de la diferencia entre el rendimiento disparador y el rendimiento medido en cada campaña (r_c), donde:

- **Monto de la pérdida productiva (p)**

$$\begin{aligned} \text{Si } r_c \geq r_d & \quad \text{Pérdida} = 0 \\ \text{Si } r_c < r_d & \quad \text{Pérdida} = r_d - r_c \end{aligned}$$

En la Tabla 1 se presenta la estructura de la serie de indemnizaciones y en la Tabla 2 la estructura correspondiente a la serie de pérdida de rendimientos.

Tabla 1. Estructura de la serie histórica de indemnizaciones.

Campaña	Indemnización (%)
1931/32	$0\% \leq i_{t'31/32} \leq 100\%$
...	$0\% \leq i_{t...} \leq 100\%$
...	$0\% \leq i_{t...} \leq 100\%$
...	$0\% \leq i_{t...} \leq 100\%$
2009/10	$0\% \leq i_{t'09/10} \leq 100\%$

Tabla 2. Estructura de la serie histórica de pérdidas de rendimientos.

Campaña	Pérdida rinde (kg soja)
1931/32	$0 \leq p_{t'31/32}$
...	$0 \leq p_{t...}$
...	$0 \leq p_{t...}$
...	$0 \leq p_{t...}$
2009/10	$0 \leq p_{t'09/10}$

Adicionalmente, se examinó la correspondencia existente entre las campañas indemnizadas respecto a las campañas productivamente desfavorables, mediante indicadores utilizados para evaluar situaciones de tipo dicotómicas (WWRP/WGNE Joint Working Group on Verification). Para ello, la cantidad de períodos indemnizados (no indemnizados) y de campañas agrícolas desfavorables (favorables) se organizaron en una tabla de contingencias, según ejemplo presentado en la Tabla 3.

Tabla 3: Tabla de contingencias

	Campañas desfavorables	Campañas favorables	TOTAL
Campañas indemnizadas	Pago correcto	Pago incorrecto	Total Pagos
Campañas no indemnizadas	No pago	Correcto no pago	Total No Pagos
TOTAL	Campañas desfavorables	Campañas favorables	Total general

Luego, los indicadores calculados fueron:

- **Desempeño del seguro** = $(\text{pago correcto} + \text{correcto no pago}) / (\text{total general})$
- **Probabilidad de pago correcto** = $(\text{pago correcto}) / (\text{pago correcto} + \text{no pago})$
- **Probabilidad de pago incorrecto** = $(\text{pago incorrecto}) / (\text{correcto no pago} + \text{pago incorrecto})$
- **Sesgo** = $(\text{pago correcto} + \text{pago incorrecto}) / (\text{pago correcto} + \text{no pago})$

c) Costo del seguro

El costo total de un seguro se denomina premio y se calcula sumando a la prima comercial (valor monetario necesario para hacer frente al pago de las indemnizaciones previstas) los gastos operativos y utilidad pretendida por las empresas aseguradoras, además de los impuestos y tasas que gravan la actividad. En este trabajo, sólo se estimó la prima comercial, que se interpreta como el precio mínimo que el asegurado debería pagar al asegurador por el seguro de sequía para soja de primera ocupación.

La prima comercial se valoró a partir del promedio de la serie histórica de indemnizaciones (Tabla 1). También puede calcularse multiplicando la frecuencia de pagos y el valor medio de indemnización de los años en que se registraron compensaciones. La prima se estimó suponiendo diferentes escenarios, construidos a partir del comportamiento de las precipitaciones en Pergamino entre 1931-2010 y de subperíodos de esa serie.

III. Resultados

a) Características del seguro y comportamiento histórico potencial

En la Tabla 4 se presentan los parámetros que describen la cobertura de sequía diseñada en este trabajo.

Tabla 4. Cobertura de sequía para soja de primera ocupación en el Partido de Pergamino.

Detalle	Parámetro
Cultivo asegurado	Soja de primera ocupación
Capital asegurado	Rendimientos (qq)
Duración del contrato	Anual
Riesgo asegurado	Déficit de lluvias
Fecha de siembra	1° semana de noviembre
Período de cobertura (p_c)	21 diciembre a 20 febrero
Fecha de cosecha	Última semana de marzo
Índice climático	Lluvias acumuladas (mm)
Estación Meteorológica	Pergamino – INTA
Índice disparador (mm_d)	130 mm
Índice de salida (mm_s)	50 mm

El capital a asegurar se expresaría en quintales totales de soja, teniendo en cuenta la superficie implantada (asegurada) y un rendimiento por hectárea, que estaría limitado como máximo a la media zonal de los últimos cinco años. Luego, en función del precio de la soja disponible en el momento de la suscripción se fijaría la suma asegurada en términos monetarios¹. La suscripción del seguro debería realizarse como mínimo un mes antes del inicio del período de cobertura. A la suscripción, debería presentarse el comprobante de inscripción en el Registro Nacional de productores de granos de cereales y oleaginosas como así también documentación referida a los volúmenes comercializados en años anteriores para evitar la utilización del seguro con fines especulativos.

El seguro se activaría, dando derecho a indemnización, cuando las lluvias acumuladas en Pergamino durante el período de cobertura, medidas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), resultasen inferiores al valor disparador ($mmp_c < 130$ mm). Históricamente, las campañas en las cuales el seguro debería haber indemnizado se presentan en la Figura 2.

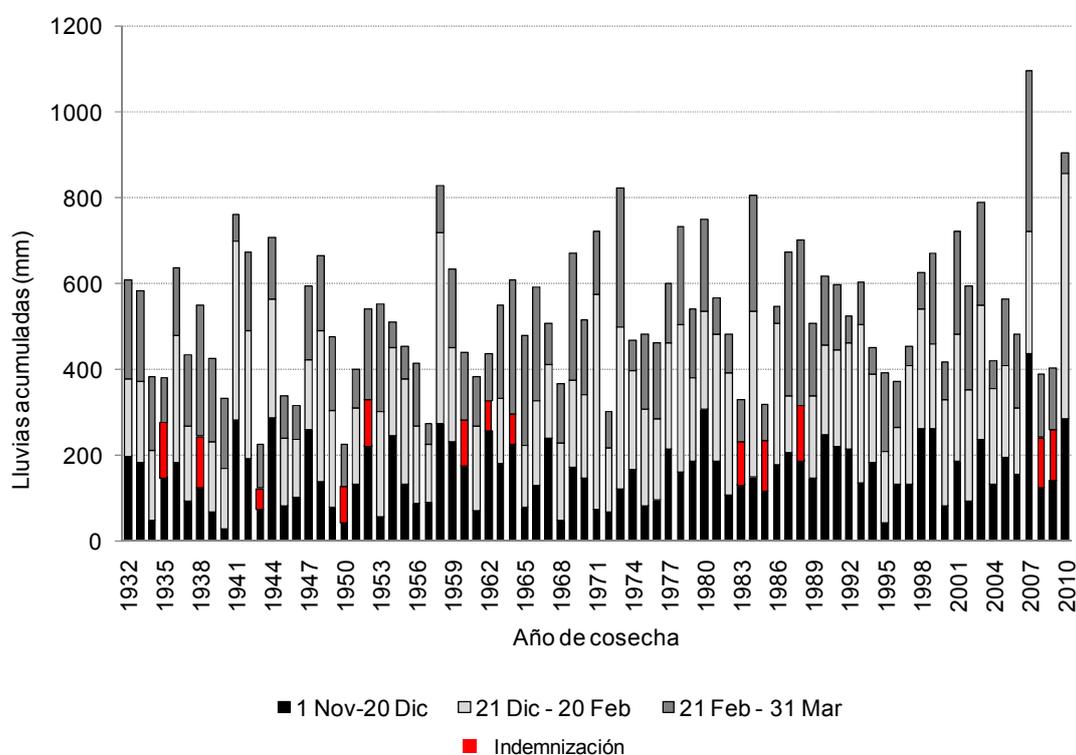


Figura 2. Comportamiento histórico de las lluvias durante el ciclo de soja de primera ocupación (1/11 al 31/03) en Pergamino. Eventos de déficit de lluvias indemnizables.

En las 79 campañas agrícolas analizadas (1931/32 a 2009/10) se registraron en Pergamino 13 eventos de déficit de lluvias pasibles de haber sido indemnizados, dando en promedio un (1) pago cada seis (6) años, es decir una probabilidad de pago de 0,16. El déficit de precipitaciones más pronunciado ocurrió en la campaña 1942/1943, con lluvias acumuladas en el período de cobertura menor al índice de salida propuesto (mmp_c 48,3 mm vs mm_s 50 mm). También fue muy seco el año agrícola 1961/1962 donde sólo llovieron 69,4 mm. A partir de la década del '70, la ocurrencia de eventos de déficit de lluvias se fue reduciendo y durante esos años y hasta principios de los '80 el seguro no hubiese indemnizado. Luego, comenzaron a registrarse otros episodios de déficit de lluvias, destacándose las

¹ Se está evaluando un producto combinado clima-precios, para cubrir ambos riesgos en una misma póliza.

campañas 2007/2008 y 2008/2009 (mmp_c 116,5 mm y 118,1 mm, respectivamente). Sólo en dicha ocasión se registraron dos años consecutivos de pagos.

Tomando como ejemplo la campaña 2008/09, la indemnización correspondiente debería haber sido el 14,9% de la suma asegurada. Entonces, si un productor agrícola de esa región hubiese asegurado 100 ha de soja a un rendimiento medio de 32 qq soja/ha, hubiese recibido una compensación equivalente a 476,8 qq soja, o la producción de 14,9 ha.

$$\text{Indemnización (2008/09)} = [(130 \text{ mm} - 118,1 \text{ mm}) / (130 \text{ mm} - 50 \text{ mm})] * 100$$

$$\text{Indemnización (2008/09)} = 14,9\% \text{ de la suma asegurada.}$$

En la Figura 3 se presenta el valor de indemnización asociada a diferentes valores de mmp_c . Este esquema de pago será llamado en adelante de “pago progresivo” (PP), y es utilizado en Etiopía y en otros países en donde se utilizan seguros índices (Osgood *et al.*, 2007).

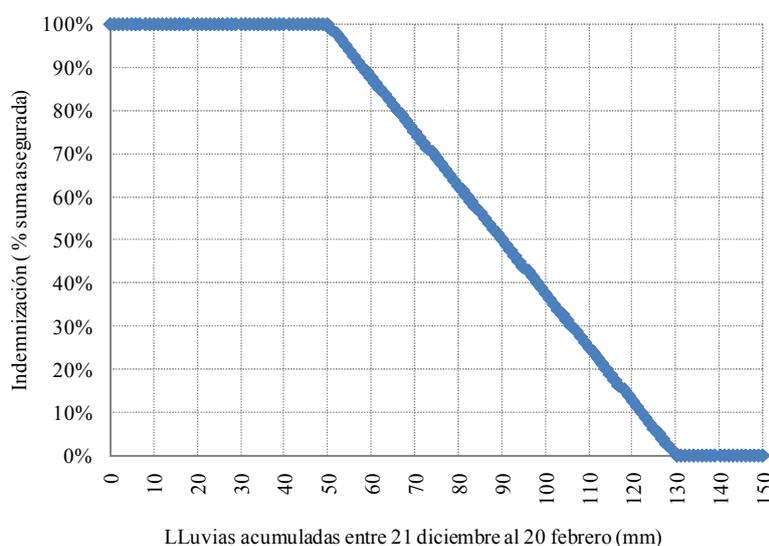


Figura 3. Cobertura de sequía en soja de primera ocupación en Pergamino. Indemnización asociada a diferentes valores de precipitación acumulada en el período de cobertura (21 diciembre a 20 febrero). Esquema de pago progresivo (PP).

Otra alternativa a la indemnización “PP” sería pagar siguiendo un esquema “ocurrencia-severidad” (POS), propuesta introducida en Gastaldi *et al.*, (2009) que aún no ha sido experimentada². En este caso, se acordaría en el contrato un % fijo que compensaría la ocurrencia del evento ($mmp_c < mm_d$) y el porcentaje restante hasta alcanzar el 100% de la suma asegurada indemnizaría la severidad del evento. Este mecanismo podría ser más atractivo para el productor agrícola, dado que le permitiría garantizar un monto inicial de indemnización. Incluso, dicho porcentaje podría ser equivalente a los costos de implantación y protección (CIP) del cultivo de soja en su zona. A modo de ejemplo, el CIP en Pergamino, en un planteo de siembra directa con variedades de soja RR y a precios vigentes en agosto de 2011 (Revista Agromercados, 2011), ronda los 8 qq soja/ha, es decir el 25% del rendimiento medio zonal (32 qq soja/ha). Entonces, el productor podría acordar una indemnización inicial del 25% de la suma asegurada por la ocurrencia del evento de déficit de lluvias, dejando el 75% restante ligado a la severidad/intensidad del mismo. Hipotéticamente, si el agricultor hubiese elegido esta opción de pago, hubiese recibido en la campaña 2008/09 una indemnización del 36,16% de la suma asegurada, respecto del 14,9% calculado con el esquema progresivo.

² Esta propuesta de cálculo de la indemnización ha sido llamada inicialmente “ocurrencia-intensidad”, utilizándose el término intensidad como sinónimo de la severidad/gravedad de la contingencia climática.

Indemnización por ocurrencia (2008/09) = 118,1 mm < 130 mm = 25% de la suma asegurada

Indemnización por severidad (2008/09) = (130 mm – 118,1 mm) x (75% / (130 mm – 50 mm))

Indemnización por severidad (2008/09) = 11,16% de la suma asegurada

Indemnización “ocurrencia-severidad” (2008/09) = 25% + 11,16%

Indemnización “ocurrencia-severidad” (2008/09) = 36,16% de la suma asegurada.

En la Figura 4 se señalan los valores de indemnización asociados a diferentes niveles de lluvias acumuladas en el período de cobertura, calculados con el esquema “ocurrencia-severidad”. Al igual que en la opción de pago “progresivo”, corresponde una indemnización del 100% de la suma asegurada cuando $mmp_c \leq 50$ mm.

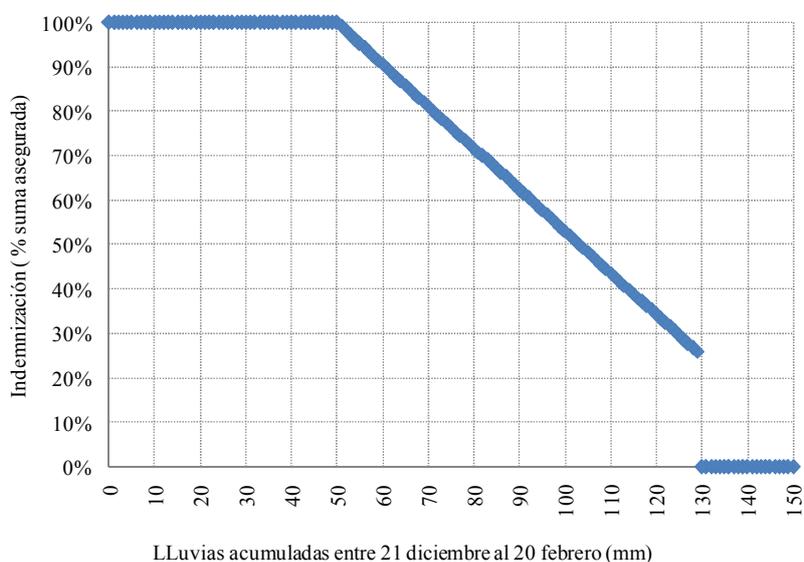


Figura 4. Cobertura de sequía en soja de primera ocupación. Indemnización asociada a diferentes valores de precipitación acumulada en el período 21 diciembre a 20 febrero. Esquema de pago ocurrencia-severidad.

A continuación, se presentan los valores de indemnización PP y POS de las 13 campañas agrícolas posibles de haber sido compensadas en Pergamino, entre 1931/32 – 2009/10 (Figura 5).

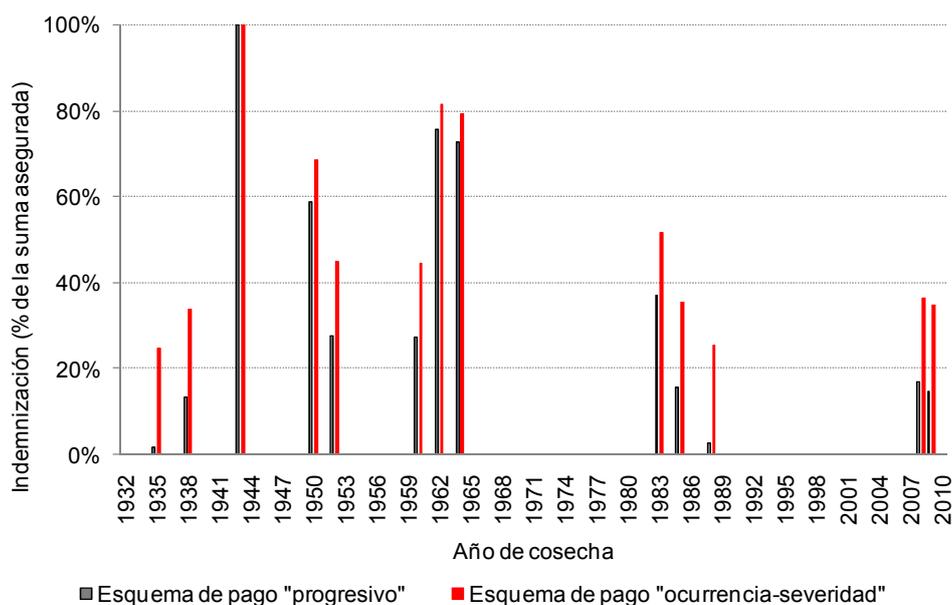


Figura 5. Indemnizaciones históricas en Pergamino, asociadas a un seguro hipotético basado en índice de lluvias contra sequía en soja de primera ocupación.

Las indemnizaciones PP de las campañas 1934/35 y 1987/88 hubiesen sido en términos monetarios casi despreciables para el productor agrícola, con valores de 1,8% y 2,6% de la suma asegurada, respectivamente. Esta situación podría ocasionar reclamos, e incluso hacer fracasar la comercialización del seguro en campañas siguientes, dado que no habría incentivos a seguir contratando un seguro cuya compensación asociadas es, en algunas campañas, muy baja. Bajo este supuesto, el mecanismo de indemnización POS sería más conveniente. Pero por otro lado, el costo del seguro está asociado con las indemnizaciones que se prevén pagar; entonces una cobertura con PP sería económicamente más accesible impulsando su comercialización.

Otro factor que podría incentivar o desincentivar la intención de contratar un seguro es la frecuencia de pago de las indemnizaciones. En este sentido, pagos muy frecuentes, por ejemplo menores a tres años, derivarían en una cobertura costosa y por lo tanto financieramente inaccesible para los productores más pequeños. En el otro extremo, pagos pocos frecuentes, por ejemplo una vez cada diez años, no serían atractivos para el agricultor dado que no percibiría la utilidad de transferir el riesgo de déficit de lluvias a terceros. En este último caso, se podría incrementar el índice disparador (mm_d) para aumentar la frecuencia de pago, pero sin desatender que el objetivo del seguro es paliar una situación “real” de déficit de lluvias que afecta el cultivo, evitando contratos diseñados sólo con fines comerciales.

En líneas generales, los interrogantes que surgen durante el diseño de una cobertura basada en índices -referidos a disparador más adecuado, probabilidad y frecuencia de pago, etc- tienen habitualmente respuesta en los mismos agricultores. Al respecto Patt *et al.* (2008), indican que la participación de los agricultores es clave para lograr el éxito de las coberturas basadas en índices, además de una clara comunicación sobre sus alcances, ventajas y desventajas. Adicionalmente, resulta imprescindible conocer la demanda potencial y la disposición a pagar por este tipo de productos, que podrían ser estimadas mediante valoración contingente, como lo realizado en Galetto *et al.* (2011)

b) Evaluación del seguro

La utilidad del seguro, de indemnizar campañas agrícolas productivamente desfavorables, se estableció mediante análisis de correlación e indicadores empleados para evaluar situaciones dicotómicas.

En relación con el primer análisis, los valores de correlación hallados entre las indemnizaciones PP y POS (Figura 5) con la serie de pérdidas productivas elaboradas con las estimaciones de rendimiento de soja de la SAGPyA (Figura 6), fueron del 30% y 33% respectivamente. Estos valores de correlación deben interpretarse teniendo en cuenta que:

- i) Las estimaciones oficiales de rendimientos, utilizadas para generar la serie de pérdidas productivas, incluyen tanto soja de primera como de segunda ocupación; mientras que el seguro fue diseñado para cubrir déficit de lluvias de soja de primera únicamente. Por lo tanto, pueden registrarse pérdidas rendimientos asociadas sólo a soja de segunda que el seguro hipotético no indemnizará, y viceversa.
- ii) El seguro sólo contempla las lluvias acumuladas en el período reproductivo y no considera las condiciones previas a la siembra y durante la emergencia del cultivo que también pudieron afectar los rendimientos.

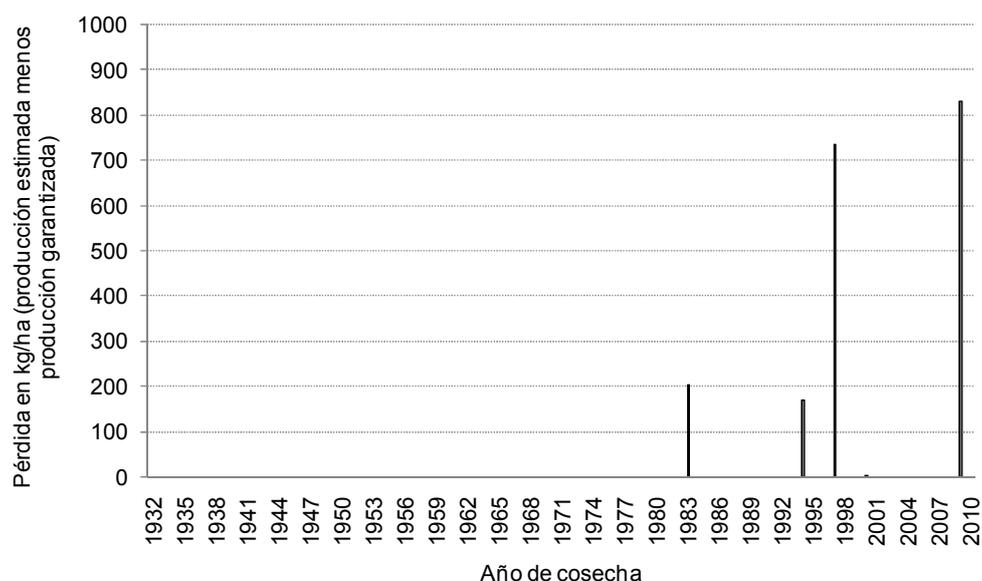


Figura 6. Pérdidas de cosecha de soja de primera ocupación en Pergamino, a partir de las estimaciones oficiales de rendimientos.

Puntualmente, el seguro hubiese indemnizado en las campañas 1982/1983 y 2008/2009, donde efectivamente se registraron pérdidas de producción, pero también hubiese indemnizado en otras campañas como 1984/1985, 1987/1988 y 2007/2008 donde, según las estadísticas de SAGPyA, los rendimientos fueron relativamente normales. Estos “falsos” disparos o “pagos incorrectos” podrían asociarse al hecho que la soja tiene una gran plasticidad y puede recomponerse de períodos deficitarios de lluvias, incluso ocurridos durante floración. De esta manera, el seguro dispara y paga a pesar que la cosecha es luego aceptable.

Por el contrario, el seguro no hubiese disparado en las campañas 1993/1994 y 1996/1997, donde según las estimaciones oficiales de producción se registraron pérdidas de rendimiento. Esta falta de correspondencia puede deberse a que la soja fue afectada de manera negativa por otros factores ajenos

a las lluvias de floración, y por ello el seguro no disparó. Precisamente, en dichas campañas agrícolas se registraron brotes de cancro del tallo de la soja, cuyas pérdidas y causas están indicadas en Wrather *et al.* (1997a) y Wrather *et al.* (1999b), algunas de las cuales se asociaron con la uniformidad de germoplasma y la falta de rotación de cultivos, es decir, causas relacionadas con el manejo técnico del cultivo de soja.

La correlación se incrementó cuando las indemnizaciones (Figura 5) se contrastaron con la serie de pérdidas generadas a partir de datos simulados de ISNH, variable próxima del rendimiento (Figura 7). El coeficiente fue del 46% para las indemnizaciones PP y del 38% para POS. Si bien nuevamente existieron campañas en donde el seguro no hubiese disparado, en las dos peores campañas (1942/1943 y 1949/1950) la cobertura hubiese tenido un óptimo comportamiento; también en 1982/1983.

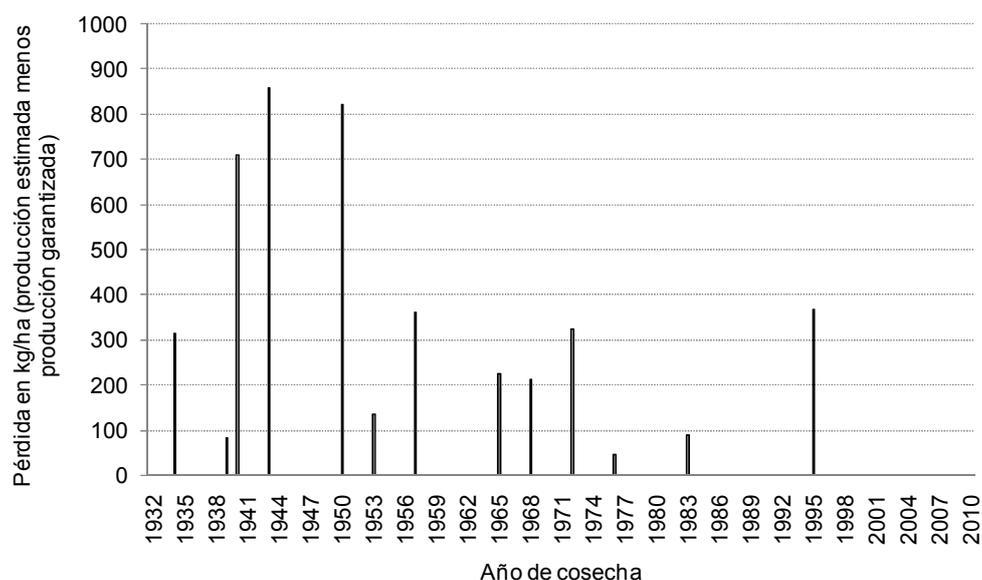


Figura 7. Pérdidas de producción de soja de primera ocupación en Pergamino, estimadas a partir del índice de satisfacción de necesidades hídricas (ISNH).

Respecto a los indicadores asociados a situaciones dicotómicas, en la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos. La correspondencia entre tipo de disparo (correcto o incorrecto) y campaña productiva (pasible de ser indemnizada o no) puede considerarse adecuada, dado que en el 80% de los años el seguro se comportó conforme a la campaña productiva. También fue aceptable la relación existente entre la cantidad de indemnizaciones pagadas en los 79 años analizados y el total de campañas pasibles a haber sido indemnizadas. Sin embargo, este valor de sesgo no tiene en cuenta si también existe correspondencia entre el año en que se registra el pago y el año en que la campaña agrícola fue desfavorable. Cuando se considera esto último, sólo el 40% de las campañas desfavorables fueron indemnizadas. Nuevamente, esto puede deberse a que las pérdidas productivas se debieron a factores ajenos a las condiciones pluviométricas en floración, riesgo cubierto por el seguro propuesto.

Tabla 5: Indicadores de eficiencia del seguro. Período 1931/32 a 2009/10.

	Pérdidas de producción	
	Rendimientos simulados	Rendimientos estadísticos
Desempeño del seguro	79,75%	80,00%
Sesgo	86,67%	100%
Probabilidad de pago correcto	40,00%	40,00%
Probabilidad de pago incorrecto	10,94%	12,00%

c) Costo del seguro

Para finalizar, se presenta el precio mínimo que tendría el seguro propuesto en caso de ser comercializado. Se trata de un valor mínimo porque sólo se midió la prima pura sin considerar los gastos de administración y el costo de capital que deben afrontar las compañías aseguradoras para ofrecer coberturas en el mercado real. Esta prima fue estimada suponiendo diferentes escenarios de comportamiento de las lluvias futuras, y para las dos propuestas de cálculo de la indemnización (PP y POS). Los resultados se sintetizan en la Tabla 6. En primer lugar se indica el tramo de la serie histórica de lluvias utilizada para construir el escenario, el número de campañas analizadas y el comportamiento de las lluvias durante el período de cobertura propuesto en este seguro. Luego, los parámetros asociados a la cobertura referidos a cantidad de indemnizaciones, lluvias promedio de los períodos indemnizados, frecuencia de pago; y finalmente la prima pura asociada a cada esquema de cálculo de la indemnización (PP y POS).

Tabla 6. Seguro de sequía en el período de floración de soja de primera ocupación en Pergamino. Prima pura asociada a diferentes escenarios supuestos de las lluvias futuras.

Escenario	Escenarios supuestos de comportamiento de las lluvias				
	1	2	3	4	5
Campaña inicial	1931/1932	1960/1961	1980/1981	1990/1991	2000/2001
Campaña final	2009/2010	2009/2010	2009/2010	2009/2010	2009/2010
N° campañas analizadas	79	50	30	20	10
Promedio lluvias 21 dic-20 feb (<i>mmp_c</i>)	217	227	236	245	255
Coefficiente de variación lluvias	45%	44%	43%	42%	52%
N° indemnizaciones	13	7	5	2	2
Promedio lluvias períodos indemnizados (mm)	101	103	116	117	117
Probabilidad de pagos	16%	14%	17%	10%	20%
Frecuencia de pagos (en años)	6,08	7,14	6,00	10,00	5,00
Esquema de pago "progresiva"					
Indemnización máxima (% capital asegurado)	100%	76%	37%	17%	17%
Campaña	1942/1943	1961/1962	1982/1983	2007/2008	2007/2008
Promedio indemnización (% capital asegurado)	35,8%	33,7%	17,4%	15,9%	15,9%
Prima pura (% capital asegurado)	5,9%	4,7%	2,9%	1,6%	3,2%
Esquema de pago "ocurrencia-severidad"					
Indemnización máxima (% capital asegurado)	100%	82%	53%	38%	38%
Campaña	1942/1943	1961/1962	1982/1983	2007/2008	2007/2008
Promedio indemnización (% capital asegurado)	51,8%	50,3%	38,1%	36,9%	36,9%
Prima pura (% capital asegurado)	8,5%	7,0%	6,3%	3,7%	7,4%

Bajo el supuesto que las lluvias futuras se comportarán según lo registrado en el primer escenario, el seguro propuesto debería comercializarse a un precio mínimo del 5,9% de la suma asegurada para el esquema PP y del 8,5% para POS. Este escenario es el más pesimista, dada la severidad de los eventos de déficit de lluvias durante el período de cobertura del seguro. Si en cambio, se pronostica un comportamiento de las lluvias como en el cuarto escenario, la cobertura sería más económica por la menor ocurrencia de eventos de sequía y de menor magnitud.

En términos generales, la sensibilidad que experimenta la prima pura a los diferentes escenarios, indica la necesidad de utilizar información climática adicional, proveniente de pronósticos y/o escenarios multivariados, para una correcta cotización que garantice la viabilidad comercial de este tipo de coberturas. En este sentido Greene *et al.*, (2008), indican que resulta trascendental, revisar, adaptar y mejorar los contratos de manera anual para que los seguros indexados puedan incorporar los nuevos conocimientos del clima local y regional y mantenerse a la par del cambio climático.

IV. Comentarios finales

En este trabajo se presentó una propuesta de seguro basado en un índice de lluvias, para sequía en soja de primera ocupación en Pergamino; evaluada con datos históricos y simulados de rendimientos.

La evaluación resultó promisorio considerando que la propuesta de seguro sólo contempla las lluvias durante el período de floración de la soja, excluyendo otros factores que también pueden afectar los rendimientos como las lluvias durante la emergencia y/o madurez del cultivo, las temperaturas y factores de tipo biológicos (plagas, enfermedades, etc) entre otros. No obstante, sería necesario revisar los parámetros utilizados -período de cobertura e índices disparadores y de salida- y poner a consideración de productores agrícolas de la región. Adicionalmente, se debieran explorar otras alternativas de coberturas basadas en índices climáticos, combinando datos de lluvias y temperaturas.

Tampoco se debiera descartar el uso de seguros basados en índices de rendimientos, de naturaleza multirriesgo y ligados a disparadores de tipo regional; es decir, si los rendimientos de la región son menores a un determinado valor, entonces corresponde indemnizar. Estas coberturas son una opción interesante, pero presentan algunas desventajas en relación con el seguro climático propuesto en este trabajo. En primer lugar, resulta más confiable un dato de lluvia medido en una estación meteorológica oficial, que un valor de rendimiento zonal estimado a partir de una metodología convenida. En segundo término, existen diferencias en la oportunidad de cobro de la indemnización. En un seguro basado en índice de rendimiento el agricultor debe esperar que se determinen los rendimientos regionales para saber si le corresponde o no una indemnización, lo cual retrasaría su cobro mucho tiempo después de haber cosechado. A diferencia, en un seguro basado en un índice de lluvias, es posible determinar si corresponde indemnizar al finalizar el período de cobertura (20 de febrero en esta propuesta de seguro). Consecuentemente, el productor estaría cobrando la indemnización en época de cosecha, cuando generalmente vencen los compromisos financieros adquiridos con proveedores de insumos y servicios.

Finalmente, se menciona la continuidad de este trabajo, que se orientará a estudiar metodologías de diseño de seguros índices para cultivos agrícolas compartidas con productores agrícolas, y cotización utilizando escenarios climáticos.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los Dres. Federico Bert y Walter Baethgen. También, los comentarios realizados por Jessica Sharof y Michael Norton del International Research Institute for Climate and Society.

Bibliografía

- Agroasemex. 2006. La experiencia mexicana en el desarrollo y operación de seguros paramétricos orientados a agricultura. (<http://www.agroasemex.gob.mx>).
- Andriani José. 2000. Estrés hídrico en soja. Revista IDIA XXI: N°3 Diciembre de 2002. pp. 48-51
- Baethgen W., Hansen J.W., Ines A.V.M, Jones J.W., Meinke H. y Steduto P. 2008. Contributions of agricultural systems modeling to weather index insurance. Documento presentado en un taller sobre “Aspectos técnicos de los seguros en base a índices climáticos”, celebrado los días 7 y 8 de octubre de 2008 en el IRI, Universidad de Columbia, Nueva York. Disponible en <http://iri.columbia.edu/csp/issue2/workshop>.
- Barros V.R. y G.E. Silvestri. 2002. The relation between sea surface temperature at the subtropical South-Central Pacific and precipitation in southeastern South America. *Journal of Climate* 15, 251-267.
- Boulanger J.P y Penalba O. 2010. Assessment of climate information needs in the Argentinean Agrobusiness sector. *Climate Change* (2010) 98:551-563.
- Boulanger J.-P., Leloup, J., Penalba, O., Rusticucci, M., Lafon, F., Vargas, W., 2005. Observed precipitation in the Paraná-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections. *Climate Dynamics* 24, 393-413.
- Cabrini S. y Calcaterra C. 2008. Los Sistemas de Producción en la Cuenca del Arroyo Pergamino Resultado s de una Encuesta a Productores. Publicado en Internet, disponible en http://www.inta.gov.ar/ies/docs/docs_area/pdfs/sistemas_produccion_cuenca.pdf
- Calviño P.A., Monzón, J.P., 2009. Farming systems of Argentina: Yield constraints and risk management, *Crop physiology: Applications for genetic improvement and agronomy*. Elsevier Academic Press, San Diego, California
- Ceccato P., Brown M., Funk C., Small C., Holthaus E., Siebert A. y Ward N. 2008. Remote Sensing-Vegetation. Documento presentado en un taller sobre “Aspectos técnicos de los seguros en base a índices climáticos”, celebrado los días 7 y 8 de octubre de 2008 en el IRI, Universidad de Columbia, Nueva York. Disponible en <http://iri.columbia.edu/csp/issue2/workshop>.
- Chen G. y Roberts M. 2004. Weather derivatives in the presence fo index and geographical basis risk: Hedging dairy profit risk. Paper presented at the NCR-134 Conference an Applied Commodity Price Analysis, Forecasting and Market Risk Management. St. Louis, Missouri, April 19-20, 2004.
- Collier B., Barnett, B. and Skees, J. 2009. State of Knowledge Report – Data Requirements for the Design of Weather Index Insurance. GlobalAgRisk, Inc.. Lexington, KY.
- Deng X., B. Barnett, D. Vedenov y J. West. 2007. Hedging dairy production losses using weather – based index insurance. *Agricultural Economics*. Vol 36 (2). pp. 271-280.
- Dinku T., Funk C. y Grimes D. 2008. The potential of satellite rainfall estimates for index insurance. Documento presentado en un taller sobre “Aspectos técnicos de los seguros en base a índices climáticos”, celebrado los días 7 y 8 de octubre de 2008 en el IRI, Universidad de Columbia, Nueva York. Disponible en <http://iri.columbia.edu/csp/issue2/workshop>.
- ENESA, 2011. Seguro de sequía en pastos. Publicado en internet, disponible en <http://enesa.mapa.es/>.
- FAO. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ISSN 0254-5293.
- Galetto A., Lema D. y Gastaldi L. 2011. Valoración microeconómica de un seguro de riesgo climático en producción lechera. Reporte preparado para el Departamento del Cono Sur del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Gallacher M. 2011. Agricultural insurance in Argentina and Paraguay. Reported prepared for the Inter-American Development Bank.
- Gastaldi L., Galetto A. y D. Lema. 2009. El seguro como herramienta para la administración del riesgo climático en empresas tamberas del norte de Santa Fe, Argentina. *Revista Argentina de Economía Agraria*. Volumen IX. Número 1. Otoño 2009, 5-28.
- Gastaldi L, Cuatrin A., Sapino V., Quaino O., Montini S., Lancieri L., Mina G. y C. Hoffman. 2010. Seguro climático paramétrico para empresas tamberas- Eventos adversos de precipitación. Informe final de Convenio de Asistencia Técnica INTA EEA Rafaela - Sancor Seguros (no publicado)

- Greene A.M, Goddard L., Ward N., Siebert A., Hellmuth M. y Baethgen W. 2008. Climate change, one decade at a time. Documento presentado en un taller sobre “Aspectos técnicos de los seguros en base a índices climáticos”, celebrado los días 7 y 8 de octubre de 2008 en el IRI, Universidad de Columbia, Nueva York. Disponible en <http://iri.columbia.edu/csp/issue2/workshop>.
- Grimm A.M., Barros, V.R., Doyle, M.E., 2000. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate* 13, 35-58.
- Hall A.J., Rebella, C.M., Ghera, C.M., Culot, J.-P., 1992. Field crops systems of the Pampas, in: Pearson, C.J. (ed.), *Field Crops Systems: Ecosystems of the World*, vol. 18. Elsevier, Amsterdam, pp. 413-449
- Hellmuth M.E., Osgood D.E, Hess U., Moorhead A. y Bhojwani H. (eds) 2009. Seguros en base a índices climáticos y riesgo climatic: Perspectivas para el desarrollo y la gestión de desastres. *Clima y Sociedad* Nro 2. Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad (IRI), the Earth Institute at Columbia University, New York, EEUU.
- International Research Institute for Climate and Society. Weather Index Insurance Educational Tool (WIJET) ® Publicado en internet, disponible en <http://portal.iri.columbia.edu/>.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18, 235-265.
- Lantieri L. 2009. Respuesta a precios del área sembrada de soja en la Argentina. Documentos de Trabajo 2009 N° 46. Investigaciones Económicas del Banco Central de la República Argentina.
- Martin S., Barnett, B. and Coble, K. 2001. Developing and Pricing Precipitation Insurance. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 26(1): 261-274
- Mira D., 2011. Retenciones a la soja, un asunto del pasado, La Nación, Buenos Aires, Argentina.
- Montecinos, A., Díaz, A.F., Aceituno, P., 2000. Seasonal diagnostics and predictability of rainfall in subtropical South America based on tropical Pacific SST. *Journal of Climate* 13, 746-758.
- Oficina de riesgo agropecuario. Fenología de cultivos de secano. Publicado en internet, disponible en www.ora.gov.ar.
- Osgood D.E, McLaurin, M. Carriquiry, M., Mishra, A., Fiondella, F., Hansen, J., Peterson, N., and Ward, N. (2007). Designing Weather Insurance Contracts for Farmers in Malawi, Tanzania, and Kenya, Final Report to the Commodity Risk Management Group, ARD, World Bank. International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University, New York, USA
- Patt A., Petterson N., Carter M., Velez M., Hess U., Pfaff A. y Suarez P. 2008. Making index insurance attractive to farmers. Documento presentado en un taller sobre “Aspectos técnicos de los seguros en base a índices climáticos”, celebrado los días 7 y 8 de octubre de 2008 en el IRI, Universidad de Columbia, Nueva York. Disponible en <http://iri.columbia.edu/csp/issue2/workshop>.
- Paz S. 2004. El nuevo enfoque: Manejo integrado del riesgo agropecuario. Publicado en internet, disponible en <http://www.ora.gov.ar/>.
- Revista Agromercado. 2011. Márgenes soja de primera 2011/2012. Año 30. N° 316, pp 33.
- Ropelewski C.F., Halpert, S., 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* 115, 1606-1626.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aliemntación. Estadísticas y estimaciones agropecuarias. Publicado en internet, disponible en www.sagpya.mecon.gov.ar.
- Serraj R.J., T.R. Sinclair, L.C. Purcell. 1999. Symbiotic N2 fixation response to drought. *J. Exp. Botany*. 50:143-155.
- Sinclair T.R., Salado-Navarro, L., Morandi, E.N., Bodrero, M.L., Martignone, R.A., 1992. Soybean yield in Argentina in response to weather variation among cropping seasons. *Field Crops Research* 30, 1-11.
- Sinclair T.R., Salado-Navarro, L.R., Salas, G., Purcell, L.C., 2007. Soybean yields and soil water status in Argentina: Simulation analysis. *Agricultural Systems* 94, 471-477

- Skees J., Barnett, B. and Collier, B. 2008. Agricultural Insurance: Background and Context for Climate Adaptations Discussions. Paper presented at the OECD “Expert Workshop on Economic Aspects of Adaptation”. Paris, France, April 7-8.
- Varangis P., J. Skees y B. Barnett. 2005. Weather Indexes for Developing Countries. Published by: World Bank, University of Kentucky and University of Georgia.
- Varian H. R. 1996. Intermediate microeconomics. W.W.Norton and Company, Inc. New York. 649 pp.
- Viglizzo EF, Roberto ZE, Lértora F, Lopez Gay E, Bernardos J. 1997. Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina. *Agric Ecosyst Environ* 66:61-70
- Wrather J. A., Anderson, T. R., Arsyad, D. M., Gai, J., Ploper, L. D., Porta-Puglia, A., Ram, H. H., and Yorinori, J. T. 1997. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. *Plant Dis.* 81:107-110
- Wrather J.A., Anderson T.R., Arsyad D.M., Gay J., Ploder L.D., Porta-Puglia A., Ram H.H y Yorinori J.T. 1999. Soybean disease loss estimates for the top ten soybean producing countries in 1998. *WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE*, 6, 1999, Chicago. Proceedings: invited and contributed papers and posters. Chicago: University of Illinois / Soybean Research & Development Council, 1999. p.632-633
- WWRP/WGNE Joint Working Group on Verification. Publicado en internet, disponible en <http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/#Introduction>