

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado

**MAESTRÍA EN GESTIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA
DE RIESGOS**

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Análisis del S4 Índice y resultados de derivados climáticos en
función del mismo, Argentina (campaña 2017/2018)

AUTOR: JAIME ANDRES SALAZAR CASTRO

DIRECTOR: MAURO DE JESÚS

OCTUBRE 2021

Dedicatoria

Estar rodeado de personas que llenan nuestra vida con mucho amor hace que alcanzar los sueños sea más sencillo y los logros tengan mayor sentido, sin importar los obstáculos y sacrificios que en el camino se encuentren.

Quiero dedicar este trabajo final a: mi pareja, mis padres, mis hermanos y amigos, gracias por todo el apoyo en este proceso.

Jaime Andres Salazar Castro

Agradecimiento

A todas las personas que con su buena energía creyeron siempre en mí e impulsaron de una u otra manera el logro de uno de mis sueños: mi pareja, mis padres, mis hermanos, mis amigos, docentes y compañeros.

Jaime Andres Salazar Castro

Resumen y palabras clave

De acuerdo a datos expuestos por el Banco Mundial (World Bank Group, 2019), el 54% de la tierra de la Argentina es tierra agrícola, donde la agricultura y la ganadería son los sectores con mayor exposición a riesgos climáticos. En ese sentido, los mercados de derivados financieros han desarrollado instrumentos a la vanguardia de las necesidades de cualquier sector económico para la cobertura de riesgos climáticos, es así como en Argentina se lanzó en el 2016 el S4 Índice, un índice climático de sequía e inundación tomado como activo subyacente para la negociación de derivados climáticos.

El objetivo del presente trabajo es realizar una evaluación a la estructura del índice y el comportamiento de los resultados obtenidos con el uso de derivados climáticos negociados en Argentina durante la campaña 2017/2018 en función del S4 Índice, y a su vez presentar un análisis de las Provincias que fueron partícipes.

A través de una evaluación de los resultados obtenidos con operaciones de derivados climáticos basados en el S4 Índice se presenta un desarrollo teórico-práctico de este tipo de derivados financieros, se logra poner a disposición un aporte a la comunidad académica y empresarial sobre el uso de estos instrumentos de cobertura de riesgos climáticos basadas en el índice S4 para sequía e inundación.

Palabras clave: Riesgo climático, derivados climáticos, S4 Índice, opciones climáticas, contratos OTC.

Índice

Portada	I
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	III
Resumen y palabras clave.....	IV
1. Introducción	1
1.1 Presentación	1
1.2 Justificación	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	5
1.5 Enfoque metodológico	6
2. Marco teórico	8
2.1 Riesgo climático.....	8
2.2 De los derivados financieros a los climáticos	12
2.3 Importantes derivados climáticos en el mundo y en Argentina.....	17
3. Descripción técnica del S4 Índice y los derivados climáticos en función del S4.....	25
3.1 Introducción	25
3.2 S4 Índice – Sequía	26
3.3 S4 Índice – Inundación	31
3.4 Modelo actuarial S4	33
3.5 Contratos derivados climáticos bilaterales OTC S4	34
4. Resultados de derivados climáticos en función del S4 Índice, negociados en Argentina (2017/2018).....	41
4.1 Análisis general de resultados.....	41
4.2 Análisis detallado por provincia y tipo de riesgo.....	42
5. Conclusiones.....	55
6. Bibliografía	59

Índice de Tablas:

Tabla 1. Distribución del capital cubierto, por Provincia y tipo de riesgo	42
Tabla 2. Distribución porcentual del capital cubierto, por Provincia y tipo de riesgo	42
Tabla 3. % de pagos de los partidos de la Provincia de Córdoba	46
Tabla 4. % de pagos de los partidos de la Provincia de Buenos Aires	47
Tabla 5. % de pagos de los partidos de la Provincia de Santa Fe	48
Tabla 6. % de pagos de los partidos de la Provincia de Santiago del Estero.....	49
Tabla 7. % de pagos de los partidos de la Provincia de Entre Ríos.....	50
Tabla 8. % de pagos de los partidos de la Provincia de Chaco.....	51
Tabla 9. % de pagos de los partidos de la Provincia de Salta.....	52
Tabla 10. % de pagos de los partidos de la Provincia de La Pampa.....	53
Tabla 11. % de pagos de los partidos de la Provincia de San Luis.....	53
Tabla 12. % de pagos de los partidos de la Provincia de Tucumán.....	54

Índice de gráficas:

Gráfica 1. “Cross-hedge for the sale of weather-sensitive products”	20
Gráfica 2. % Pagos por partido Provincia de Córdoba	45
Gráfica 3. % Pagos por partido Provincia de Buenos Aires	47
Gráfica 4. % Pagos por partido Provincia de Santa Fe	48
Gráfica 5. % Pagos por partido Provincia de Santiago del Estero.....	49
Gráfica 6. % Pagos por partido Provincia de Entre Ríos.....	50
Gráfica 7. % Pagos por partido Provincia de Chaco.....	51
Gráfica 8. % Pagos por partido Provincia de Salta.....	52
Gráfica 9. % Pagos por partido Provincia de La Pampa.....	52
Gráfica 10. % Pagos por partido Provincia de San Luis.....	53
Gráfica 11. % Pagos por partido Provincia de Tucumán.....	54

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación

Los mercados financieros con el fin de brindar a las distintas actividades económicas alternativas y herramientas de cobertura para mitigar la materialización de distintos riesgos a los cuales se exponen, han puesto a disposición los derivados financieros, los cuales ayudan a los empresarios a mantener seguros sus capitales y a especuladores generar mayores utilidades. Un sin número de actividades económicas, no solo las agrícolas y agropecuarias, evidencian una gran dependencia al comportamiento del clima, siendo este una amenaza conocida en el ámbito financiero como riesgo climático. Para este tipo de riesgos si bien se han desarrollado seguros convencionales, los cuales cubren pérdidas por eventos catastróficos con alto impacto, pero baja probabilidad de ocurrencia, en los últimos años también se han desarrollado instrumentos tipo derivados financieros, que trabajan en función de un índice climático como activo subyacente, y logran cubrir pérdidas por eventos leves de bajo impacto en el corto plazo, pero con alta probabilidad de ocurrencia, que al acumularse sus resultados logran impactar gran parte de la inversión.

En el año 2016 en Argentina se crearon dos índices climáticos, uno para sequía y otro para inundación, llamados S4 Index. La construcción de este índice es gracias a información captada por sensores MODIS y LANDSAT instalados en satélites de la NASA. Con estos índices funcionando como activo subyacente, se empezaron a operar derivados climáticos, los cuales son contratos OTC bajo opciones tipo Put y Call. En el presente estudio se analiza la estructura del índice, los derivados climáticos que con estos se operan y los resultados que se lograron obtener en la campaña 2017/2018, capital cubierto y pagos por compensación realizados, identificando a su vez las Provincias que participaron en este tipo de cobertura.

1.2. Justificación

Una buena gestión de riesgos climáticos va a estar determinada por la habilidad que los agentes encargados tengan al momento de hacer uso de los instrumentos financieros disponibles, para lo cual es de gran importancia que los gestores de estos riesgos conozcan a profundidad el manejo de los derivados climáticos que se encuentran en el mercado argentino y del mismo modo desarrollen la capacidad de analizar los datos que se obtienen a través de estos. Lo anterior justifica en gran parte el desarrollo del presente trabajo de investigación, que brindará a los agentes expuestos a riesgo climático una evaluación detallada de los resultados obtenidos con el uso de derivados climáticos en función del S4 Índice, dicha evaluación podrá ser tomada como parámetro en la toma de decisiones al momento de gestionar riesgos climáticos.

En Argentina el uso de derivados climáticos es un tema nuevo y de escaso desarrollo académico, lo que le da mayor relevancia a la realización del presente trabajo de investigación dado el aporte teórico-práctico que pone a disposición a la comunidad académica y empresarial del país con respecto al uso de derivados climáticos como instrumentos de cobertura.

Finalmente, es importante resaltar que los mercados financieros requieren liquidez para lograr un mayor desarrollo y fortalecimiento, esta no solo se obtiene a través de quienes realizan coberturas sino también de especuladores, es así que otra de las justificaciones del presente trabajo es poner a disposición un análisis detallado del comportamiento de los resultados obtenidos con el uso de derivados climáticos basados en el S4 Índice que sirve como medio de divulgación e impulso de los derivados climático que se usan en Argentina, de manera que llame la atención de especuladores que generan mayor liquidez al mercado de derivados climáticos.

1.3. Planteamiento del problema

A través de la historia de la humanidad la actividad agrícola ha sido la más importante para su desarrollo y evolución, le ha permitido subsistir y generar desarrollo social, cultural y por supuesto económico. Sin embargo, unos de los factores con mayor impacto en las actividades agrícolas es el clima, el cual presenta variaciones extremas que pueden favorecer o perjudicar los resultados de la explotación agrícola.

Dada la incertidumbre que los empresarios tienen sobre las variaciones climáticas, hace que el riesgo climático latente en las economías agrícolas sea casi imposible de controlar o transferir. Por su parte, el desarrollo de los mercados financieros contribuye a la evolución de las economías a través de la colocación de instrumentos financieros que ayuden a mitigar la incertidumbre que por distintos factores se ven envueltas las empresas, por supuesto la actividad agrícola no es la excepción y han sido objeto de estudio por los mercados financieros para el desarrollo de instrumentos y herramientas que contribuyan al control de los riesgos climáticos que exponen a los resultados a grandes pérdidas, es así que desde hace algunos años se han venido desarrollando una serie de instrumentos financieros llamados derivados climáticos, los cuales a través de la recolección de información sobre el clima pueden dar altos niveles de certeza sobre eventos climáticos (como lluvias, sequías, altas/bajas temperaturas, nevadas, etc.) y sobre esta realizar coberturas, de modo que las empresas agrícolas pueden trasladar parte del riesgo climático al mercado financiero.

Aunque el mercado de derivados climáticos se encuentra con mayor incursión y desarrollo en economías agrícolas de países desarrollados (EEUU, Alemania, Inglaterra) gracias a su mayor desarrollo tecnológico sobre las mediciones y predicciones del clima, además de un mercado financiero con mayor estructura y liquidez, en economías emergentes ya se encuentran algunos indicios al respecto, pero no los suficientes para que las empresas

puedan tomar decisiones sobre coberturas de riesgo climático. Un amplio porcentaje de la economía de Argentina corresponde a actividades agrícolas, las cuales según lo dicho anteriormente su exposición a cambios climáticos extremos es alta. La oferta del mercado financiero de instrumentos que ayuden a las empresas agrícolas a mitigar el riesgo climático es muy escasa, y se limita a algunos seguros que cubren una parte por siniestros originados de cambios climáticos extremos, los cuales pueden llegar a ser muy costosos o de difícil acceso a ellos. En 2016 se lanzó en Argentina el S4 Índice como el primer índice destinado a cubrir riesgos de sequía e inundación para los mercados de maíz, soja y trigo.

Por consiguiente, el problema que se plantea en el presente proyecto es cómo funciona el S4 Índice y cuáles han sido los resultados que se obtuvieron con el uso de derivados climáticos en función del mismo, negociados en Argentina durante la campaña 2017/2018.

Por lo expuesto anteriormente, se plantean los siguientes interrogantes: ¿Cuál es la estructura del S4 Índice para sequía e inundación? ¿Cómo funcionan los derivados climáticos en función del S4 Índice? ¿Cuáles fueron los resultados de los derivados financieros negociados en función del índice S4 en Argentina durante la campaña 2017/2018? ¿Qué derivados climáticos se implementaron basados en el S4 Índice? ¿Cuáles fueron los resultados por Provincia con el uso de derivados climáticos basados en el S4 Índice para el período evaluado?

1.4. Objetivos

Objetivo General

Analizar la estructura del S4 Índice de sequía e inundación y evaluar los resultados obtenidos con el uso de derivados climáticos negociados en Argentina para la campaña de producción 2017/2018 en función del S4 Índice.

Objetivos específicos

- Analizar la estructura del S4 Índice de sequía e inundación.
- Describir los derivados climáticos que se negociaron en Argentina durante la campaña 2017/2018 en función del S4 Índice.
- Detallar los resultados financieros que se obtuvieron de los derivados climáticos basados en el S4 Índice en el período evaluado.
- Identificar los resultados obtenidos por Provincia que realizaron operaciones con derivados climáticos en función del S4 Índice en Argentina (2017/2018).

1.5. Enfoque Metodológico

El trabajo de investigación será desarrollado desde distintos métodos de investigación con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados. A continuación, se detallan el tipo de estudio y tipo de diseño a aplicar:

Dado que la negociación de derivados financieros para coberturas sobre riesgos climáticos basadas en un índice climático como el S4 Índice en el mercado argentino es un campo nuevo de investigación se usará un enfoque exploratorio-descriptivo, que permitirá detallar los derivados climáticos que se negociaron en Argentina basados en el índice climático S4. Como complemento a lo anterior, se considera el enfoque cuantitativo puesto que se expondrán y analizarán los resultados financieros obtenidos por las operaciones con estos derivados climáticos.

Teniendo en cuenta que el período elegido para evaluar el tipo de diseño es longitudinal de orden retrospectivo, ya que se tomarán resultados financieros obtenidos en la campaña 2017/2018. El período a evaluar fue elegido para esta campaña porque después del lanzamiento del S4 Índice en 2016, fue la campaña con mayor participación de coberturas en Argentina con este tipo de derivados.

Como unidad de análisis se establecerá a la Argentina, dentro de la cual se evaluarán los resultados que se obtuvieron con el uso de derivados climáticos basados en el S4 Índice durante el período objeto de estudio.

Se describen a continuación puntos focales en función de cada objetivo específico:

Objetivo específico	Fuente secundaria de datos	Fuente primaria de datos / Instrumento de recolección	Población / muestra	Técnicas de recolección / procesamiento
Analizar la estructura del S4 Índice de sequía e inundación.	Bibliografía, investigaciones previas.	Instructivos de ROFEX, Argentina Clearing y S4 Agtech.	Argentina	Descripción técnica
Describir los derivados climáticos que se negociaron en Argentina durante la campaña 2017/2018 en función del S4 Índice.	Bibliografía, investigaciones previas.	Instructivos y reportes de ROFEX, Argentina Clearing y S4 Agtech.	Argentina	Organización y análisis de datos.
Detallar los resultados financieros que se obtuvieron de los derivados climáticos basados en el S4 Índice en el período evaluado.	Publicaciones en Diarios y Revistas financieras.	Reportes de ROFEX, Argentina Clearing y S4 Agtech. Entrevista al director S4 Agtech.	Argentina / Sectores agrícolas / Provincias.	Organización y análisis de datos.
Identificar los resultados obtenidos por Provincia que realizaron operaciones con derivados climáticos en función del S4 Índice en Argentina (2017/2018).	Publicaciones en Diarios y Revistas financieras.	Reportes de ROFEX, Argentina Clearing y S4 Agtech. Entrevista al director S4 Agtech.	Argentina / Sectores agrícolas / Provincias.	Organización y análisis de datos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Riesgo climático

Las actividades económicas se encuentran expuestas a riesgos de distinta índole, los cuales pueden ser inherentes a su propio desarrollo y únicos a su actividad. Sin embargo, el factor climático afecta a cualquiera de los sectores de la economía, algunos con mayor exposición que otros de manera directa o indirecta, pero en definitiva los cambios en el estado del clima desencadenan efectos en todos los sectores económicos. De lo anterior se parte para realizar la conceptualización del riesgo climático, el cual está dado por la exposición de cualquier agente a eventos que se presenten como consecuencia de cambios climáticos.

González y Maldonado (2017) exponen que los riesgos ambientales son una de las principales limitantes de la sustentabilidad del desarrollo humano y asociados con el cambio climático dichos riesgos amenazan potencialmente con destruir aquellas poblaciones que se encuentren con mayor exposición. Los autores señalan además que, “Experiencias recientes en países en desarrollo muestran que hasta eventos de pequeña escala pueden convertirse en grandes desastres para poblaciones expuestas en función de la adscripción geográfica” (p.275).

En línea con la sustentabilidad del desarrollo humano se encuentran las actividades de producción agrícola, dentro de las cuales está inmerso el factor climático, que tiene un alto impacto dentro de los sistemas productivos, de modo que los eventuales cambios que se presenten en el clima se convertirán en altas fuentes de riesgo para la economía de este sector. La materialización de los riesgos climáticos no solo va afectar las actividades agrícolas sino también los negocios conexos a esta, Musshoff, Odening y Xu (2011) indican que el impacto del riesgo climático también afecta explotaciones ganaderas, plantas

procesadoras, empresas de pesticidas y fertilizantes, del mismo modo la demanda de productos alimenticios también va a estar afectada por los riesgos climáticos (p.1067).

Cuando se aborda el tema de riesgo climático inmediatamente es fácil pensar en eventos climáticos de alto impacto en cualquiera de sus presentaciones, sin embargo, se ha demostrado que no necesariamente los eventos catastróficos son los únicos que generan alteraciones en cualquier tipo de economía. Al respecto, Oberst (2017) explica en su tesis que no solo grandes eventos catastróficos pueden llegar a perjudicar la económica de una empresa o un individuo, dado que ciertos fenómenos poco dramáticos y más habituales del clima frustran el cálculo en las estimaciones financieras y económicas impactando directamente en los ingresos, costos y flujos de fondos de una empresa (p. 10).

En muchos países las estaciones climáticas son bien marcadas de modo que da lugar a que las actividades agrícolas sean de temporadas, acordes a la estación que más se adapte el cultivo o la actividad económica. Ortega & compañía (2019) en un estudio de caso de México titulado “Indicadores de riesgo climático para el maíz de temporal en un país en desarrollo” muestran cómo el exceso de sequía o el exceso de humedad generan cuantiosos daños económicos en la agricultura de temporal, siendo esta una de las actividades con mayor vulnerabilidad ante los efectos de las variaciones del clima. Resaltan en este estudio la importancia de que los países en desarrollo puedan identificar los indicadores de mayor impacto o peligrosidad climática que amenacen el normal desempeño de los cultivos agrícolas de temporal, teniendo en cuenta además que en estos países la inversión en investigación tecnológica es escasa, muy a pesar de la alta participación de la agricultura de temporal en sus economías (p. 27).

El estudio del riesgo climático se expande cada vez más por todos los países que han visto como las desviaciones de distintas variables climáticas afectan el desarrollo de sus

economías. En Chile, Meza (2012) en su aporte cita dos publicaciones que tratan del riesgo climático enfocado en los impactos que las sequías traen a las personas y las economías. En primer lugar, menciona la publicación de Selvaraju (2006) quien expone que la variabilidad climática y en especial las sequías traen una repercusión negativa en la capacidad que las personas tienen para poder adaptarse a estos fenómenos, reduciendo la cantidad de estrategias que estas puedan implementar (p. 7). Y, en segundo lugar, cita una publicación de la FAO (2011) donde reitera que una sequía intensa o una serie de ellas se convierten en el detonante de problemas económicos y sociales, en especial cuando las economías no se encuentran diversificadas y dependen directa o indirectamente en gran medida de la agricultura (p. 23).

Continuando con las sequías, en la evaluación realizada por de la Casa, Ovando y Miranda (2019), de la brecha de rendimiento en la siembra de maíz en la región central de Córdoba, Argentina, concluyen que estadísticamente en los años climáticamente más desfavorables, principalmente por sequías intensas, la brecha de rendimiento se vuelve inviable en el 10% de los años (analizados de 1960 a 2017). El modelo que plantean los autores es ir variando las épocas de siembra con el fin de crear una cobertura de riesgo climático, sin embargo, los resultados no arrojaron un comportamiento sistemático, dejando sin oportunidades recomendables de siembra para reducir el nivel de riesgo (p. 1 a 17). Si bien el intento de los autores para modelar las épocas de siembra no arrojó un resultado concreto y favorable, sí dejó en evidencia nuevamente los numerosos intentos por lograr coberturas a eventos del clima, y generaron información de gran valor académico para continuar en la búsqueda de herramientas que permitan equilibrar los flujos de las economías expuestas a riesgos derivados del clima.

Innumerables académicos y profesionales en materia de riesgos climáticos, economía y finanzas, continúan en la búsqueda de herramientas de cobertura ante riesgos del clima, y explican a su vez muchos de los impactos que el clima genera cuando varía un punto de

cualquiera de sus mediciones, a veces incluso variaciones inexplicables e imposibles de predecir. Wagner (2015) indica que el cambio climático hace parte de una extraña categoría de situaciones en las que asignarle un valor o un límite de los daños que pueden llegar a causar, es remotamente sencillo, con solo ver la cantidad de tiempo y concentración que lleva poder definir un eventual promedio de calentamiento global, indica la poca comprensión que tenemos de los riesgos climáticos. Si bien el libro de Wagner está enfocado al tratamiento del cambio climático y los riesgos catastróficos que este trae, expone al público que cuando se toman en serio los riesgos derivados del cambio climático se explican las elevadas primas de riesgo que se pagan por el tratamiento de estos, como consecuencia de los altos impactos que generan estas variaciones climáticas en la economía, pues se tiene que pagar a los inversionistas que se “atrevan a arriesgarse”. (p. 98).

Con base en un valioso trabajo investigativo de empresas en Brasil y su relación con los riesgos climáticos realizado por Da Silva & compañía (2017), se sintetiza el abordaje de los temas tratados en la conceptualización del riesgo climático. Los autores concluyen que los riesgos climáticos corresponden a la “vulnerabilidad de las empresas en relación con la variación de los índices climáticos (temperatura, precipitaciones, vientos, flujo de agua, huracanes, tormentas, huracanes, fuertes lluvias, etc.)”. Esta vulnerabilidad alcanza a muchos sectores económicos, no solo a los agrícolas, impacta también los textiles, turismo, ocio, energía, entre otros que sufren afectaciones en su desempeño económico directa o indirectamente como consecuencia de cambios en el clima. Esta es quizás la razón por la que los autores consideran una preocupación de los inversionistas por saber a qué cantidad de riesgo climático va a estar inmerso su capital, antes de realizar cualquier inversión. También la preocupación de los medios de comunicación y demás agencias (reguladores, ambientalistas, gobiernos y sociedad en general) que muestran gran interés por saber si las

actividades de las corporaciones contribuyen o no en aumentar los riesgos climáticos (p. 154).

Da Silva & compañía (2017) muestran además un paralelo de dos corrientes de investigación en busca de la relación de las actividades socio ambientales y el desempeño económico. Por un lado, la corriente influenciada por Friedman (1970) que niegan la relación positiva del desempeño económico y el desempeño organizacional, afirmando que las inversiones en acciones que contribuyan a la sociedad y al medio ambiente se convierten en costos adicionales que van en contra de la maximización de las ganancias y el bienestar de los inversionistas. Y por el otro lado, se encuentran Lins y Wajnberg (2007) que sostienen que para garantizar la perpetuidad de las empresas se debe tener un enfoque empresarial en donde se correlacionen positivamente el desempeño socio ambiental y el desempeño económico financiero, de modo que los inversores puedan percibir a estos negocios como entidades capaces de “responder a los problemas ambientales y sociales presentes y futuros” (p. 154).

2.2. De los derivados financieros a los climáticos

Con el fin de maximizar los rendimientos de los capitales invertidos en cualquier sector económico los mercados financieros han desarrollado habilidades y herramientas de cobertura que ponen a disposición de los empresarios para mantener seguros los capitales, y además que especuladores puedan generar utilidades con el uso de las mismas, de manera que en los mercados de capitales se encuentran agentes económicos que buscan cubrirse de riesgos de distinta índole y otros que desean obtener utilidades mediante la especulación. Jáuregui (1998) al respecto afirma:

Encontramos actores que participan con el objetivo de apostar a la suba o a la baja de un determinado activo o sus derivados, encontramos intermediarios, y también encontramos sujetos que desean reducir el impacto que el riesgo necesariamente tiene en sus negocios (un ejemplo podría ser un productor de un Commodity). Todos ellos practican o ejercen la ilusión del control. Todos ellos son genuinos, estrictamente necesarios para dar al mercado liquidez, transparencia y entidad (p.12).

Para los mercados financieros o de capitales son de gran ayuda los especuladores porque brindan liquidez, de modo que al cubrirse de riesgos mediante el uso de instrumentos financieros se cuenta con el respaldo de un mercado con la cantidad suficiente de capital para responder ante la materialización de los riesgos puestos en cobertura.

Uno de los desarrollos más importantes y con mayor volumen de operaciones en los mercados de capitales son los derivados financieros. De Lara (2005) define a los productos derivados como instrumentos financieros cuyos valores van a estar derivados del valor de un bien o activo denominado subyacente. Este subyacente deberá de algún modo cotizar en los mercados internacionales, algunos ejemplos son el trigo, el oro, el petróleo, divisas, acciones, índices, entre otros.

Del Castillo (2013) explica en su libro como en Estados Unidos desde el siglo XIX se realizan operaciones con el fin de intercambiar un producto por un precio concreto, sin importar las fluctuaciones que los precios tuvieran como consecuencia de una buena (bajan precios) o mala (suben precios) cosecha, estas operaciones estaban generalmente concentradas en los comercios de materias primas. Con esta estrategia los agricultores garantizaban los precios antes de cosechar sus productos. Es así que Del Castillo atribuye a estas operaciones como el origen de los derivados financieros, y más adelante se expanden a los mercados financieros, sobre 1972, a través del International Monetary Market en Chicago.

“Cuatro años después se introducen sobre el bono a diez años por Chicago Board of Trade. Se crea el Chicago Mercantile Exchange, (CME Group) siendo actualmente el mercado de futuros más importante del mundo”. (p. 218). Otro mercado un poco más reciente es el LIFFE (London International Financial Futures and Options Exchange).

Dentro de la explicación de Del Castillo (2013) se incluye también a la Cámara de Compensación, actor que juega un papel muy importante en el desarrollo de los derivados financieros, quien actúa como contrapartida a garantizar que el ganador de una posición reciba el importe de los beneficios. Además, gestiona el riesgo de las posiciones, establece las garantías y liquida al vencimiento, de modo que cada posición comprada o vendida están garantizadas por la Cámara de Compensación. (p. 219).

Rona (2013) realizó una guía práctica de los instrumentos financieros derivados, en la cual se pueden observar algunas definiciones y clasificaciones de las variables partícipes dentro de los derivados financieros. En primer lugar, destaca que estos instrumentos financieros sirven tanto para cubrir como tomar riesgos, ya sea para evitar pérdidas o alcanzar ciertas ganancias. Aclara que cuando se habla de riesgos principalmente se refiere a “los riesgos de fluctuación de precios, tipo de cambio, tasa de interés, precios de insumos o de valores que pueden afectar los ingresos o egresos de una empresa o persona natural”. (p. 14)

Al igual que múltiples autores, en su guía Rona detalla los principales instrumentos financieros, a conocer: Contratos a futuro, Contratos Forwards, Contratos Swaps, Contratos de Opciones, entre otros muchos existentes al igual que muchas combinaciones, caps, floors, collars y opciones exóticas. (p. 13 – 20). Por otro lado, aclara que “los activos subyacentes pueden ser reales (metales como oro, plata, ... maíz, cacao) o financieros (acciones, bonos, índices bursátiles y las divisas). En algunos casos, los subyacentes son también derivados, tal como las opciones sobre futuros”. (P. 24-25)

Si bien los subyacentes pueden clasificarse en múltiples categorías, estos deben cumplir ciertas características de homogeneidad, contar con gran cantidad de oferentes y demandantes, con el fin de evitar la manipulación de los precios.

Con el trabajo realizado por Rodríguez (2012) se conectan los dos temas de esta parte del capítulo, pasar de derivados financieros a hablar de los derivados climáticos (entendidos como derivados financieros en función de un índice climático). Rodríguez (2012) deja entrever de manera concisa una de las diferencias más importantes entre los seguros convencionales y los derivados financieros. Los seguros convencionales ofrecen una cobertura ante la pérdida ocasionada por catástrofes, pero no por las variaciones negativas en las ganancias como ocasión de una baja en la demanda del producto. Es decir, que los seguros convencionales pretenden cubrir un alto riesgo, pero con baja probabilidad de ocurrencia, a diferencia de estos los derivados financieros funcionan de cobertura ante bajos riesgos, pero con alta probabilidad de ocurrencia. (p. 8)

Es en este punto donde el mercado de derivados fue creciendo y logró incluir un gran número de variables para construir una variedad amplia de contratos, donde cualquier activo negociado en el mercado podría lograr una cobertura ante distintos riesgos. El autor enuncia que “El caso de los derivados climáticos es un caso particular en donde la variable de la cual depende el valor del contrato es un índice climático”. (p. 25)

Si bien el clima como factor de la producción no correspondía a un activo tradicional que los agentes pudieran negociar en los mercados, los cambios en este son medibles en el tiempo y con avances tecnológicos las predicciones sobre niveles futuros han ganado gran aceptación entre los agentes. Estas mediciones en el tiempo representan una volatilidad y variación de valores numéricos, las cuales dada la necesidad de los mercados financieros que se mencionó anteriormente, se han tomado como insumo para crearle un valor a las

variaciones del clima, considerando al clima como un activo subyacente (o al menos los índices climáticos) que presenta variaciones en sus valores a través del tiempo, dando origen a los derivados climáticos. Estos contratos inicialmente se modelan entre dos partes de modo que son OTC (Over the Counter) y aunque se cubre la exposición del riesgo climático con esta figura, es importante aclarar que al ser contratos OTC, se exponen las contrapartes a riesgo de crédito.

La primera transacción OTC sobre derivados del clima explica Rodríguez (2012) se realizó en 1996:

“cuando Koch Industries y ENRON completaron un HDD (Heating degree day) swap para el invierno de 1997 en Milwaukee, Wisconsin (WRMA-Weather Risk Management Association, 2010). A partir de aquel momento, el mercado de los derivados del clima comprendía en 2001 alrededor de 4.200 millones de dólares con aproximadamente 4.000 contratos negociados en el mismo año según Price Waterhouse Coopers.” (p. 27)

En síntesis, con lo expuesto por el autor, los derivados climáticos proponen una cobertura al riesgo financiero al que se encuentran expuestas las empresas que tienen sus flujos, directa o indirectamente, correlacionados con las condiciones climáticas. Un derivado del clima se basa en las variaciones de un subyacente no financiero (no negociable) el cual surge del clima, y busca cobertura para eventos con altas probabilidades de ocurrencia (sequías, inundaciones, temperaturas altas/bajas). El objetivo de una opción climática, es cubrir la incertidumbre de producción como consecuencia de un evento climático, de modo que logre equilibrar el flujo en riesgo.

En el tratamiento del riesgo climático mediante el uso de derivados climáticos, no precisamente se hace referencia a eventos catastróficos (huracanes, terremotos, etc.) sino a las pequeñas variaciones de un índice climático que trae como consecuencia alteraciones en las

curvas de producción y a su vez en los sectores económicos conexos a estas actividades de producción. Por experiencia laboral propia en el sector bananero de Colombia, la extensión de las lluvias leves (baja exposición solar, días nublados) un par de semanas en la plantación de banano de la región caribe colombiano, puede traer como consecuencia una pérdida de calibración de la fruta, y por ende una baja en el peso del racimo, perdiendo en promedio 2.000 kilos por hectárea, por año, esto es en promedio unos 1.000 dólares por hectárea perdidos por la extensión de las lluvias. El mismo caso se puede extender a otros eventos leves como extensión del verano, días muy fríos, días nublados, entre otros.

Empresas de distintos sectores, no solo las agrícolas, se encuentran expectantes y susceptibles al desempeño del clima y los efectos negativos que este puede llegar a tener en sus negocios. Por lo cual para Hull (2008) tiene gran sentido que se consideren las coberturas sobre riesgo climático del mismo modo como se realizan coberturas sobre riesgos cambiarios o de tasas de interés.

En el siguiente apartado de este capítulo se exponen los derivados climáticos de mayor relevancia en los mercados financieros internacionales y los que en Argentina se han desarrollado e implementado hasta ahora.

2.3. Importantes derivados climáticos en el mundo y en Argentina

Tal como se mencionó en el apartado anterior de este capítulo, empresas de distintos sectores económicos se encuentran expuestas al riesgo climático y permanecen expectantes a las variaciones que se presenten y proyecten con respecto a eventos climáticos, es así que los países con mayor desarrollo en los mercados financieros empezaron a realizar coberturas con derivados climáticos basados en índices del clima.

Vázquez y Sierra (2017) señalan en su publicación que en Estados Unidos se realizó la primera transacción en el mercado de derivados climáticos en 1997. A partir de ese año y dadas las condiciones extremas del clima en los años 1997 y 1998 siguieron realizando diferentes modelos para la valuación de los derivados climáticos, mencionan que los más comunes son instrumentos financieros como swaps, futuros y opciones de compra y de venta, basados sobre diferentes índices climáticos (p.34-38).

Una vez claro que los derivados climáticos se realizan en función de un índice climático, los países gracias a las tecnologías desarrolladas para medir en el tiempo las variaciones de los eventos climáticos generan un índice particular a su entorno económico y geográfico logrando así un índice adecuado para sus necesidades. Schiller, Seidler y Wimmer (2012) presentaron en su libro tres modelos de simulación diaria para predecir índices de temperatura para Alemania y los compararon con los modelos desarrollados en Estados Unidos sobre los índices HDD¹ y CDD² de temperatura (p.489-500).

Considine (2000) en un artículo para CME Group, además de explicar el origen de los derivados climáticos en Estados Unidos, argumentó cómo los contratos de derivados climáticos fueron llamativos para las empresas que comprendían y hacían uso de las opciones financieras y contratos de futuros, con el impulso de la industria de seguros que en ese momento (1997-1998) se encontraba en un mal momento con los negocios de seguros tradicionales, presentando primas muy bajas, razón por la cual pusieron a disposición capital suficiente para cubrir los riesgos climáticos y lograr la gran base de opciones emitidas por compañías de seguros, es así que brindó la liquidez para el desarrollo de un mercado swap mensual y estacional en clima. (p. 1 – 10).

¹ HDD: grados al día de calentamiento, $HDD = \max. (0, 65 - A)$ “donde A es el promedio de la temperatura más alta y más baja durante el día en una estación específica, medida en grados Fahrenheit” Hull (2009) (p.477).

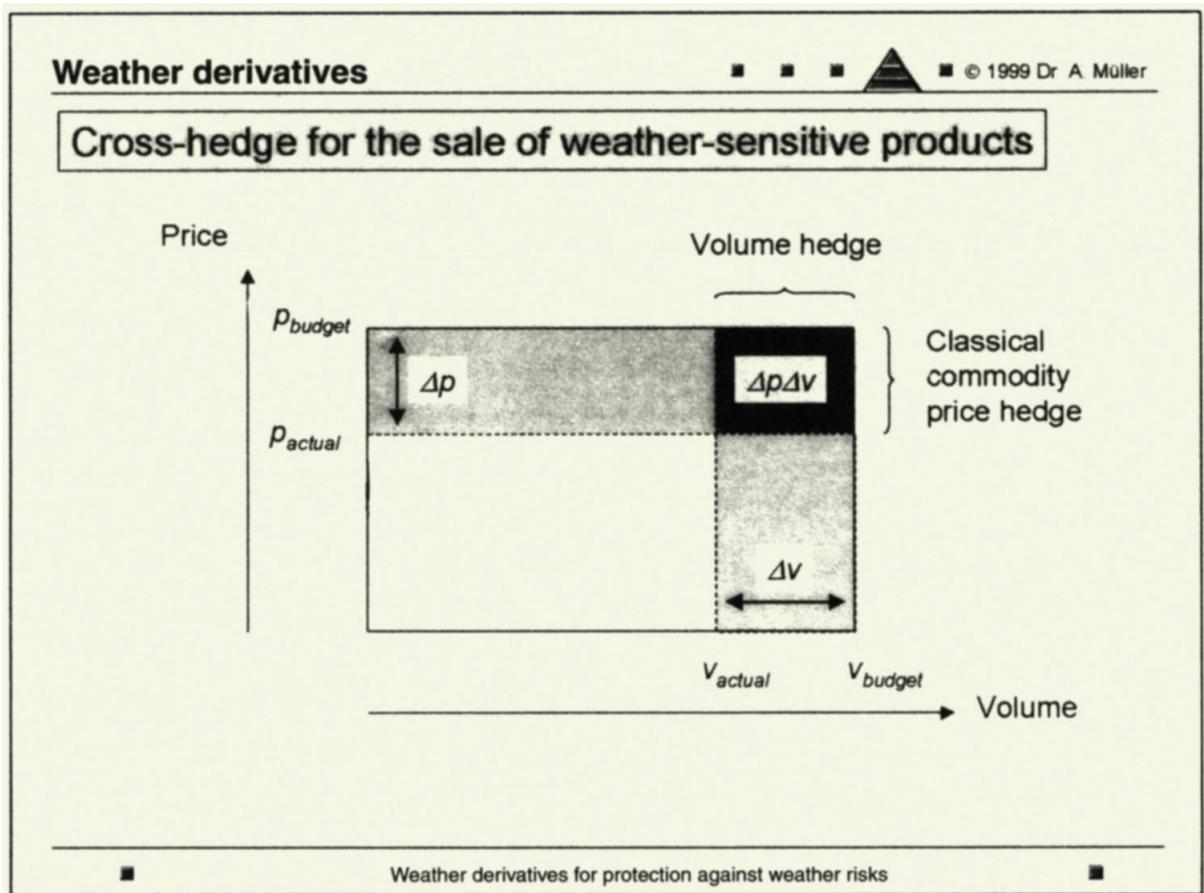
² CDD: grados al día de enfriamiento, $CDD = \max. (0, A - 65)$ Hull (2009) (p.477).

Este autor presentó también una explicación concisa del funcionamiento de los derivados financieros con base al índice meteorológico (CDD – HDD), algo muy similar a un producto de seguro, es decir comprar una opción de día de grados de enfriamiento (CDD) en el caso de verano, o una opción de día de grados de calefacción (HDD) para el invierno. El número de grados-día de enfriamiento en un solo día es la diferencia de la temperatura promedio diaria de 65 grados Fahrenheit. Los grados día de enfriamiento y los grados día de calefacción nunca son negativos. Si la temperatura promedio diaria es inferior a 65 F, entonces la diferencia entre la temperatura promedio diaria y 65 grados Fahrenheit es la cantidad de HDD. Durante un período se pueden acumular los resultados CDD y/o HDD, de modo que, los contratos de CME se basan en el número total de HDD o CDD del período específico. (p. 2)

Antes de continuar con el desarrollo de los derivados climáticos en otros países distintos a Estados Unidos, se destaca el aporte de los autores Müller y Grandi (2000), quienes indican que el objetivo de los derivados climáticos no puede ser el de cubrir el precio del subyacente, ya que es imposible darles precio a las variables climáticas, de modo que el objetivo deberá ser otro, como por ejemplo brindar cobertura a otros riesgos en los que el clima tiene una gran influencia, como el riesgo de disminuir las ventas del sector energía y a su vez los cambios en el precio de la misma.

De acuerdo a los autores el objetivo principal de los derivados del clima es, por lo tanto, para cubrir los riesgos de volumen, en lugar de riesgos de precio (que resultan de oferta y demanda). Incluso si los precios permanecen constantes, las ventas pueden verse afectadas por variaciones en el clima que afectan el volumen de demanda/oferta. Los autores proponen en su obra, realizar una cobertura cruzada, donde se realicen coberturas a través de derivados convencionales para el riesgo de precio y coberturas con derivados del clima para el riesgo de volumen. (p. 273 – 287).

Grafica 1. "Cross-hedge for the sale of weather-sensitive products"



Fuente: Müller y Grandi (2000) (p. 275)

Los autores coinciden con los ya antes mencionados, al determinar que una diferencia importante de los derivados del clima frente a los seguros convencionales, es que los primeros no tienen que demostrar la caída en el volumen asegurado (símil a pérdidas) para recibir el pago de la compensación, los términos decisivos son los estipulados contractualmente en las condiciones del instrumento negociado. Otra gran diferencia es que en los derivados del clima no solo los inicialmente perjudicados por las variaciones del clima pueden recibir compensación sino también pueden entrar al mercado otros participantes con intereses distintos bajo ciertas condiciones del clima.

Otro gran aporte de Müller y Grandi (2000) tiene que ver con la estimación del precio de los derivados climáticos, indican que el modelo de precio de Black-Scholes no se puede

aplicar en el caso de derivados climáticos, porque este modelo presupone que existe un subyacente negociable, este prerrequisito no se cumple en los derivados climáticos porque no se conoce un valor para el clima. Sin embargo, los autores argumentan que el modelo Black-Scholes se utiliza para fijar los precios hasta cierto punto y se asumen distribuciones logarítmicas normales para los índices HDD / CDD y el precio de las opciones se realiza mediante Black-Scholes. Por último, hacen la aclaración que este procedimiento no considera la naturaleza estacional del clima, ni las distribuciones logarítmicas normales asumidas siempre son conciliables con los datos de observaciones históricas. (p. 282)

Como se puede observar en el desarrollo de este capítulo, la evolución de los mercados financieros, específicamente los derivados climáticos, han estado marcados en la historia por eventos que crean una nueva necesidad, de modo que acelera el crecimiento de nuevas estrategias y nuevas herramientas que le permitan a las economías sostenerse en el tiempo. Al respecto Medina (2016) señala que los derivados climáticos “no han parado de crecer a un ritmo elevado, tan solo interrumpido por la crisis financiera de 2008”, y se han extendido a los mercados financieros más importantes del mundo, Reino Unido, Japón, Australia, India o Sudamérica. (p. 37)

Del mismo modo esta evolución no solo se ha expandido a nivel geográfico sino además en la variedad de los instrumentos, ya no solo se encuentra el índice creado en Estados Unidos para medir el impacto por las variaciones de temperatura (HDD – CDD), se han estructurado otros en distintos lugares del mundo dadas las necesidades locales, expone el autor el caso de Malawi quienes por primera vez en el 2008 desarrollaron derivados climáticos basados en un índice de sequías en el cultivo de maíz, dadas las extremas sequías que se presentaron en el país, que afectaron no solo a los cultivos de maíz sino también a la casi la mitad de la población. (p. 37)

Con ejemplos como el de Malawi, se explica cómo en tan poco tiempo se lograron desarrollar una gran variedad de derivados financieros con base a índices climáticos o variaciones climáticas, de modo que, dadas las condiciones de cada región geográfica se lograron establecer las variaciones climáticas que afectan las curvas de producción. Medina (2016) realizó un detalle de algunos de los derivados climáticos de mayor relevancia a nivel mundial, los cuales se enumeran a continuación a manera de conocimiento, pero dado que no se encuentran en el alcance del presente estudio, no se detalla la estructura de cada uno.

- Índice HDD (Heating Degree Days)
- Índice CDD (Cooling Degree Days)
- Índice CAT (Cumulative Average Temperature)
- Frost Day
- Monthly Snowfall
- Índices de precipitaciones acumuladas
- Índice CHI (Carvill Hurricane Index)

A pesar de que la evolución de los derivados financieros en función de un índice climático se ha desarrollado en países con alto nivel de desarrollo, en países en vía de desarrollo el tema toma cada vez más relevancia, como consecuencia de la alta dependencia de sus mercados con el clima.

Rodríguez (2017) realizó una tesis titulada Derivados Climáticos: “Una nueva Herramienta de Cobertura de Riesgos en el Sector Agrícola”, en el cual realizó un acercamiento al desarrollo de los derivados climáticos en el sector agrícola, indica que, en países en vía de desarrollo los derivados climáticos son una nueva alternativa para gestionar los riesgos inherentes a catástrofes o desastres, al igual que impulsa al mercado de seguros a crear nuevas alternativas de cobertura altamente dependientes del clima, lo anterior a razón

de que las economías de estos países tienen una alta dependencia del clima, caso puntual la agricultura. (p. 14)

Señala el autor que en el caso de la agricultura los derivados climáticos “ofrecen la posibilidad de cubrirse contra los principales factores que influyen los rendimientos de cultivos-lluvia, particularmente crecimiento de estación de lluvia, y temperatura, para cubrirse contra heladas.” (p. 56). Concluye que un derivado climático se debería diseñar de modo que contemple ampliamente la extensión geográfica del país, pero aun así podría encontrar ciertas restricciones a nivel de disponibilidad de datos climáticos y limitaciones de mercado para una libre realización de los contratos. (p. 74) En la actualidad en muchos países no es un mercado muy líquido, por la falta de participantes y una mayor regularización.

Otra conclusión relevante de la tesis de Rodríguez (2017) es que “en países como Chile y el resto de Latinoamérica aún no existe un mercado donde se puedan transar estos instrumentos, lo cual significa una muy buena oportunidad de desarrollo.” Deja entrever que se debe iniciar con la creación de índices climáticos por parte de alguna institución financiera, de modo que se tengan las fuentes confiables y el fácil acceso a los datos meteorológicos que el índice pueda recopilar. (p. 76)

En Argentina si bien el uso de derivados financieros lleva poco más de veinte años en el mercado, de acuerdo a lo publicado en el diario La Nación (2018) en su sitio web solo hasta el 2016 se lanzó el S4 Índice como el primer índice destinado a cubrir riesgos de sequía e inundación para los mercados de maíz, soja y trigo. En esta publicación se explica que la construcción de este índice de sequía:

Está basada en el índice verde durante el período crítico del cultivo. La empresa creó algoritmos utilizando datos de satélites que pueden reconocer qué tipo de cultivo se ubica

en cada píxel, evaluar las etapas de desarrollo y determinar la ventana temporal del período crítico.

El S4 Índice es un desarrollo de la empresa S4 Agtech junto a la reaseguradora Munich Re y ROFEX, logrando una amplia cobertura para las diez Provincias más importantes en cultivos de soja, señala el diario. En los siguientes capítulos se realiza un desarrollo de los derivados climáticos negociados en Argentina en función del S4 Índice y un detalle general de los resultados que arrojaron para la campaña 2017/2018.

3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL S4 ÍNDEX Y LOS DERIVADOS CLIMÁTICOS EN FUNCIÓN DEL S4 ÍNDEX

3.1. Introducción

A inicios de la campaña productiva de 2016 tres empresas argentinas unieron esfuerzos para desarrollar futuros sobre un índice climático que ayudaría a los productores agrícolas argentinos a protegerse mejor sobre algunos riesgos climáticos, en este caso sequía e inundación.

La empresa de tecnología agrícola S4 Agtech desarrolló el primer índice en Argentina para cubrir riesgos derivados de eventos climáticos (sequía e inundación), esta empresa, además de contar con un equipo humano multidisciplinario para el desarrollo de tecnología agrícola, es respaldada por la reaseguradora alemana Múnich Re. La segunda empresa en hacer parte de este trío es la bolsa de futuros argentina Rofex (Rosario Futures Exchange, Mercado a Término de Rosario S.A. en castellano), en esta bolsa se operan los contratos de tipo derivados climáticos bilaterales, con lo cual se infiere que son contratos OTC (over-the-counter) y requiere de este modo una contraparte para su respaldo, es así como se introduce la tercera empresa, Argentina Clearing registrada como cámara compensadora de los contratos celebrados en Rofex.

El objetivo de las tres empresas para este proyecto fue crear un derivado meteorológico que se pueda negociar mediante un contrato de futuros, de modo que los productores agrícolas lo usen para protegerse contra la sequía e inundación. Mediante estos contratos se traslada el riesgo utilizando este índice y los productores pueden recibir compensación cuando los valores del índice lleguen al gatillo predefinido, de modo que se asegura su capital y el flujo esperado de la producción.

En este capítulo se presenta una descripción del índice climático S4 (sequía e inundación), una breve reseña del modelo actuarial y posterior un detalle de los derivados financieros realizados en función de este índice climático. Para la definición teórica del índice climático S4 y la explicación del funcionamiento de los derivados climáticos en función del mismo, se usaron los manuales técnicos e instructivos suministrados por Rofex, Argentina Clearing y S4 Agtech, además de bibliografía consultada para definir algunos términos.

3.2. S4 Índice – Sequía

En la construcción del S4 Índice de sequía se toman los datos del Índice de Vegetación Mejorado (EVI)³ registrado por el sensor Modis⁴ del satélite Terra de la Nasa, para un cultivo específico medido en su período crítico para la determinación del rendimiento. El cultivo es previamente individualizado usando datos de sensores en satélites LANDSAT⁵, el cual también pertenece a la NASA.

La metodología usada para la construcción del índice de sequía se divide en dos pasos, el primero es la identificación de la ubicación histórica de un cultivo mediante la firma espectral

³ Índice de vegetación mejorado, también conocido como EVI por su sigla en inglés. Provee información que permite monitorear el estado de la vegetación en caso de altas densidades de biomasa. El EVI, provee información que permite monitorear el estado de la vegetación de forma continua desde febrero de 2000 hasta la actualidad. Los valores mayores a 0 están asociados a la presencia de vegetación. De acuerdo a la leyenda utilizada, los tonos de verde oscuro presentan un mejor estado de la vegetación, y los tonos de beige indicarían situaciones de estrés para la misma. (SNIA, 2016)

⁴ El sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) se encuentra a bordo de los satélites Terra y Aqua que forman parte de la misión, Earth Observing System, de la NASA. Éstos proporcionan imágenes de todo el planeta tierra cada 1 a 2 días con una alta sensibilidad radiométrica, 12 bits, en 36 bandas del espectro electromagnético que abarcan longitudes de onda desde 0.4 a 14.4 μm . Dos de estas bandas poseen una resolución espacial nominal (en el nadir) de 250 metros; cinco de 500 metros, y las 29 bandas restantes, de 1 kilómetro. (Terra-i, 2011)

⁵ Es un programa conjunto NASA / USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) que proporciona el registro espacial continuo más largo de la tierra que existe. Es la colección de datos de teledetección terrestre de resolución moderada con base en el espacio más larga del mundo, adquirida de forma continua. Casi cinco décadas de imágenes. Todos los días, los satélites Landsat brindan un recurso único para quienes trabajan en agricultura, geología, silvicultura, planificación regional, educación, cartografía e investigación del cambio global. (Nasa, 2018)

y el segundo consiste en la extracción del índice de vegetación mejorado, firma fenológica y armado del índice.

Para el primer paso, identificación de la ubicación histórica de un cultivo mediante la firma espectral, se debe definir la ubicación geográfica histórica de un cultivo mediante el uso de las imágenes emitidas por el satélite Landsat 5, 7 y 8 convertidas a valores de reluctancia en superficie. Estas imágenes son de libre descarga desde la página del servicio geológico de Estados Unidos, en el sub-link de earthexplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

La selección de imágenes se hace en función del momento reproductivo de cada cultivo y se eligen en promedio 3 imágenes preferentemente libre de nubes por filas de ruta (para ordenar las imágenes se utiliza una grilla mundial en el que se identifica cada imagen de forma unívoca por un Ruta – franja vertical – y una Fila – fila horizontal –). El período de análisis se extiende desde el año 2.000 hasta la actualidad. Las imágenes son recorridas por la firma espectral del cultivo y reconoce el conjunto de píxeles que cumplen la condición espectral definida. Este proceso se corre automáticamente y cada iteración del algoritmo es supervisada por un operador que controla que el algoritmo esté funcionando correctamente y realiza tareas de control para garantizar que el área representada se encuentre correctamente identificada. En caso de contar con imágenes con nubosidad se clasifican las imágenes disponibles y luego se realiza un mosaico de imagen clasificada logrando que con las imágenes disponibles se logre cubrir y compensar el faltante de algún área nubosa. Si no se dispone de imágenes libres de nubes en el período reproductivo se analizan imágenes en momentos posteriores o anteriores a este momento. Las imágenes clasificadas son convertidas a vectores (en un polígono) representando la extensión de un cultivo (a escala de lote) para una campaña. Este proceso se recorre en forma automatizada para todas las campañas productivas desde el año 2000 a la actualidad.

En una validación final, cada área clasificada se compara con datos de fuentes externas, generalmente datos de un organismo oficial de recopilación de datos agrícolas del país, usados de referencia para entender si las áreas relevadas están en línea con las declaradas por los agricultores a lo largo de los años. En este sentido el proceso arroja un resultado del 87% entre lo declarado en los organismos oficiales y los relevados por el proceso de reconocimiento de cultivos con firma espectral.

El segundo paso para la construcción del índice de sequía, consiste en tres etapas, extracción del índice de vegetación mejorado (EVI), firma fenológica y armado del índice.

El índice de sequía se basa en el índice de vegetación mejorado (EVI) del Sensor Modis (las imágenes reposan en bases de datos online del USGS). Se toman los datos provenientes del satélite Terra como los datos principales y los que se obtienen del satélite Aqua como datos de Backup en caso de no disponer información del satélite Terra para el cálculo del índice en la campaña en curso (lo anterior teniendo en cuenta que ambos sensores son idénticos y aplican los mismos algoritmos de calibración y cálculo). Para el cálculo histórico no hay inconvenientes dado que ambas series están completas (Terra desde febrero del 2000 y Aqua desde Julio 2002). El producto del sensor Modis que se toma como input es el MOD13Q1 (Terra) y MYD13Q1 (Aqua). Los datos de ambos productos se importan a la base de datos de S4. Cada elemento en la base de datos corresponde a un píxel de 6.25 hectáreas. Para el caso del índice de sequía se utilizan las siguientes bandas espectrales (diferentes partes del espectro):

- 250m (m = metros) 16 días EVI
- 250m (m = metros) 16 días resumen de confiabilidad de píxeles QA (garantía de calidad).

Cada píxel en la base de datos es contextualizado con el cultivo que tuvo en cada año a partir de la capa de vectores obtenida en el proceso de la aplicación de la firma espectral sobre imágenes Landsat. Los satélites Terra y Aqua tienen una frecuencia orbital diaria. No obstante, la frecuencia temporal de los datos que se encuentran en la base de datos es un compuesto de 16 días, ya que el producto que publica la NASA, el proveedor de la imagen, resulta de la selección de la observación de mejor calidad que representa a esa ventana temporal. Con este proceso, se descartan píxeles que durante esa ventana se encontraron con problemas de calidad (nubosidad, ángulos de toma, etc.). Una de las capas disponibles e importadas a la base de datos (250m 16 días resumen de confiabilidad de píxeles QA) proporciona información del píxel en este sentido, y permite elegir con qué población de píxeles trabajar en función de la calidad requerida. Puede darse el caso que en el período de 16 días no se encuentren píxeles libres de nubosidad y esta situación es declarada en la información de calidad que acompaña al píxel, permitiendo descartar esos píxeles en los cálculos internos. Para el cálculo del índice, los píxeles identificados con problema de nubosidad son descartados.

Los píxeles en la base de datos son recorridos por algoritmos de clusterización o empaquetamiento para conocer el comportamiento fenológico del cultivo clasificado. Este proceso se corre en una dimensión temporal (campana tras campana) y bajo una dimensión geográfica (a nivel de departamento). Píxeles que fueron identificados bajo la firma espectral para un determinado cultivo, tiene que cumplir con el comportamiento fenológico esperado (comportamiento entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos), generando un doble chequeo del proceso de contextualización. Píxeles que no cumplan con el patrón fenológico son descartados y no forman parte de los procesos de cálculo.

La etapa final es el proceso de armado del índice, y se basa en la elección de la ventana del período crítico del cultivo (selección temporal). Esta ventana es función del cultivo, y las

interacciones genotipo/manejo y ambiente para las distintas latitudes. En el ciclo de vida de un cultivo no todos los momentos se relacionan con el mismo peso con la performance final que tuvo en el año. Solo lo que sucede en una ventana centrada en floración o floración/llenado de granos (según el cultivo) tiene un impacto fuerte en el resultado final del mismo. Los modelos de ajuste entre las observaciones a campo y los datos tomados durante el período crítico arrojan resultados cercanos al 70% de correlación entre el rendimiento y el valor del índice (en función de la agregación espacial). De esta forma para identificar correctamente el período crítico de los distintos cultivos se aplican técnicas de clusterizados sobre la base de datos con el fin de identificar distintos tipos de comportamientos de píxeles por departamento y por año. Estos comportamientos están asociados a distintas combinaciones de fecha de siembra y genotipo por parte del agricultor. En cada clúster identificado, el momento de lectura se normaliza al valor máximo del clúster y, de acuerdo al cultivo y la zona, momentos anteriores y posteriores son tenidos en cuenta (Ej. en Soja de Primera las lecturas se realizan sobre el valor máximo y los 2 valores anteriores y posteriores al mismo). A su vez, los momentos normalizados son afectados por distintos coeficientes que determinan el peso relativo de cada uno en la síntesis final. Estos coeficientes son propios del cultivo y la zona.

Como paso final en la síntesis del índice, cada clúster es ponderado por su nivel de representación en el año y en el departamento. Los datos se extraen consolidados por departamento y campaña desde el año 2000 a la actualidad. Píxeles de baja calidad no son tenido en cuenta en los análisis.

El índice S4 va de 0 (cero) a 1 (uno), de acuerdo con la cantidad de biomasa del cultivo específico en una zona determinada (departamento). El índice S4 que se aproxima de 0 (cero) indica la existencia de un bajo nivel de biomasa y probablemente, una cantidad de lluvias menor, lo que indicaría una posibilidad de sequía mayor, por otro lado, los valores que se

aproximan a 1 (uno), sugieren una mayor cantidad de biomasa y mayor probabilidad de alta productividad del cultivo.

De esta forma se obtiene el índice que permite, a nivel de cada cultivo y con una agregación a nivel de departamento, evaluar el estado de las plantas en un período determinado de su crecimiento y su capacidad productiva, logrando una alta correlación con el rendimiento final.

3.3. S4 Índice – Inundación

El índice de inundación se construye a partir de datos registrados por el sensor Modis de los satélites Terra y Aqua de la NASA, en este caso con datos de reflectancia en lugar de EVI que se usa para el índice de sequía.

En este caso, para lograr una correcta medición del índice de inundación es necesario conocer el área agrícola con agua en superficie, la variabilidad de resultados que puede generar el índice a través de historia de inundación a lo largo de un período extenso y por último la curva de parametrización de frecuencias a través de un modelo actuarial.

El índice de inundación se basa en los valores de reflectancia del sensor Modis (las imágenes reposan en bases de datos online del USGS). Los productos del sensor Modis que se toman como inputs son MOD13Q1 (Terra) y MYD13Q1 (Aqua). Ambos productos cuentan con 12 capas y se importan a la base de datos de S4. Cada elemento en la base de datos corresponde a un píxel de 6.25 has. Para el caso del índice de inundación se utilizan las siguientes bandas espectrales:

- 250m 16días RED reflectancia (Banda 1)
- 250m 16días NIR reflectancia (Banda 2)
- 250m 16días MIR reflectancia (Banda 7)

En la construcción del índice también se utiliza una capa de tipo geográfica que representa la máxima superficie agrícola para el cultivo de soja en los últimos 18 años, obtenida a partir de la unión espacial de las capas de cada una de las campañas agrícolas clasificadas con soja desde la campaña 2000/01 a 2017/18. Esta se obtuvo gracias a la firma espectral que S4 desarrolló para el reconocimiento del cultivo de soja sobre imágenes satelitales Landsat. Se considera la máxima área agrícola ya que en los últimos 18 años toda área con aptitud agrícola en algún momento tuvo soja dentro de sus planteos técnicos. La cantidad de píxeles que forman la capa agrícola es contabilizado y agregado a nivel departamento.

El proceso de reconocimiento de agua en superficie a través de los layers (capas) de reflectancia provisto por el sensor Modis se basa en el algoritmo espectral desarrollado por S4 para identificar Agua. Este algoritmo analiza automáticamente el patrón espectral en las bandas del RED, NIR y MIR de los píxeles que se insertan en la base de datos y que se encuentran dentro del layer agrícola. Si el comportamiento de los valores de reflectancia de las imágenes coincide con el rango espectral que el algoritmo tiene definido para el patrón “Agua”, el píxel es definido como píxel con agua. En caso contrario es descartado.

Para el índice de inundación de otoño se utilizan los siguientes compuestos de imágenes, combinando ambas fuentes del sensor Modis (Terra y Aqua) y estandarizando las fechas de los compuestos para eliminar el efecto de los años bisiestos.

Enero (año): 01/01 – Terra; 09/01 – Aqua; 17/01 – Terra; 25/01 - Aqua

Mayo (año): 01/05 – Aqua; 09/05 – Terra; 17/05 – Aqua; 25/05 - Terra

Para cada una de las fechas de compuesto de imagen se reconoce la cantidad de píxeles con Agua dentro del layer agrícola y luego se promedia la cantidad de píxeles con agua identificados en el mes. Luego, este valor es dividido por la cantidad de píxeles agrícolas que

tiene el departamento analizado. De esta forma se genera el S4 Índice inundación para un mes dado. Para obtener el índice de una determinada ventana temporal, como el índice de inundación de otoño, se hace la diferencia de índice entre el resultado del mes final e inicial de la ventana elegida. Por ejemplo, para una determinada campaña y departamento el cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Media pixels agro con agua en Mayo}^{\text{Año}} - \text{Media de pixeles agro con agua en Enero}^{\text{Año}}}{\text{Total pixeles agro del departamento}} = \text{S4 Inundación Otoño (\%)}^{\text{Año/Departamento}}$$

Fuente: S4 Agtech - Descripción técnica de los índices climáticos S4

De esta manera, para cada departamento van a existir 18 valores de S4 índice de inundación de otoño.

3.4. Modelo actuarial S4

Ya calculados los índices de sequía e inundación al nivel de agregación establecido, se determinará el modelo estadístico de parametrización que mejor represente la serie histórica (18 años) del índice en cuestión, resultando en funciones de densidad de probabilidad. Las funciones matemáticas a utilizar son combinaciones de la distribución Beta Limitada y Pareto.

Definida una Función de Pago (Paso y Pago por Paso), el modelo permite calcular el valor del strike para cada una de las primas de riesgo elegidas. Entonces, para la transferencia de este riesgo a un mercado, es posible definir un producto financiero completamente estandarizado con este índice como subyacente. Finalmente, una opción de venta (put) sobre el índice Sequía S4, podría ser interpretado como una protección contra sus valores bajos, es decir una protección contra una sequía que podría ocurrir en el departamento en cuestión. Y

una opción de compra (call) sobre el índice Inundación S4 será una protección contra exceso de agua en superficie.

De modo que, cualquiera que intervenga en ese mercado tiene todos los elementos necesarios para establecer su propia estimación de precios de estos productos financieros (derivados climáticos), y tomar la decisión de transferir estos riesgos a los tomadores de riesgo evitando así asumir la materialización de los mismos.

3.5. Contratos derivados climáticos bilaterales OTC S4

Ya realizada la descripción técnica del índice climático S4 para sequía e inundación, se procede a detallar el funcionamiento del derivado financiero en sí, el cual no es más que un contrato OTC (Over The Counter), que dada su naturaleza son contratos realizados entre dos partes, negociados en el mercado extrabursátil. Con base a la documentación disponible por ROFEX y Argentina Clearing, se detalla a continuación el funcionamiento del producto, los participantes, las características de la operatoria bilateral OTC, procedimientos para operar, los esquemas de facturación y tratamiento impositivo aplicable.

Funcionamiento del producto

Para el funcionamiento del producto, S4 Agtech genera los índices climáticos de sequía e inundación a partir de información satelital, la cual se explicó anteriormente. Los datos que los índices van arrojando se publican una vez por campaña, en las fechas específicas del cultivo y cobertura, las cuales se detallarán más adelante.

Cada índice va a corresponder a una opción distinta (call – put). El índice para sequía es una opción de venta, es decir que, cuanto mayor sea su valor, mejor es para el cultivo porque hay menos sequía, de esta manera, el pago se activa toda vez que la medición perfore el strike price, de ahí que las opciones que se armen usando como activo subyacente a este índice, serán opciones de tipo Put, el índice podrá asumir valores entre 0 y 1 con tres decimales. En cambio, el índice para inundación, mide el porcentaje de área cubierta con agua en superficie sobre la capa agro, de modo que, cuanto mayor sea su valor, peor será para el cultivo porque tendrá mayor inundación, de esta manera las opciones que se armen usando como activo subyacente a este índice, serán opciones de tipo Call, donde el índice podrá asumir valores entre 0% y 100% con dos decimales.

Los datos que van a definir cada índice son: tipo de índice (sequía o inundación), zona geográfica (país, Provincia, partido y/o celda geográfica también llamada tileID), campaña, tipo de cultivo, para Sequía es Soja o Maíz; para el caso de inundación no aplica tipo de cultivo, fecha límite para cargar y aprobar las operaciones, Cut Off Date, fecha límite de publicación del valor del índice, la cual corresponde a la fecha en la que el índice publica y determina el resultado de cada cobertura con opciones. Se aclara que las opciones que se compren serán siempre sobre la campaña en curso, además que las celdas o tileID son zonas geográficas de 20km por 20km identificados con un ID único.

Las opciones sobre el índice S4 cuentan con los elementos básicos que se definen a continuación: Tasa y Strike Price o Trigger. La tasa es el porcentaje a pagar por el comprador sobre el capital a cubrir expresado en dólares, es decir, la tasa por el capital a cubrir da como resultado el monto total de la prima. Sobre dicho porcentaje, el 94% será computado como

prima de la opción, y el resto (6%) corresponderá a servicios operativos, administrativos y comerciales del ALyC⁶ y ACYRSA (Argentina Clearing y Registro S.A.).

En cuanto al Strike price o Trigger, corresponde al valor del índice a partir del cual se dispara el pago de la opción. El valor del trigger es función del riesgo intrínseco de cada Partido o Celda, del cultivo, y de la tasa elegida por el usuario. Para el caso de opciones sobre inundación (Call), si en la fecha de publicación del índice correspondiente a la campaña en curso, éste fuera mayor que el valor del strike seleccionado, entonces se dispara el pago de la opción, y para el caso de opciones sobre sequía (Put), si en la fecha de publicación del índice el valor del índice es menor que el valor del strike elegido inicialmente entonces se dispara el pago de la opción.

El pago de las opciones se calcula con las siguientes fórmulas:

Sequía (Put): $[(\text{Strike} - \text{Valor del Índice Publicado para la Campaña}) / (\text{paso}) * (\text{pago por paso}) * (\text{capital a cubrir})]$. En caso de resultar negativo, entonces el resultado es cero (no hay pago). Para el caso de sequía el paso por defecto es de 0.003 y el pago por paso por defecto es de 1%.

Inundación (Call): $[(\text{Valor del Índice Publicado para la Campaña} - \text{Strike}) / (\text{paso}) * (\text{pago por paso}) * (\text{capital a cubrir})]$. En caso de resultar negativo, entonces el resultado es cero (no hay pago). Para el caso de inundación el paso por defecto es de 1% y el pago por paso por defecto es de 1%.

ACYRSA en su instructivo para operar estos contratos muestra un ejemplo para entender la estructura de las siglas de los contratos de opciones climáticas definidas. En este se muestra el símbolo a crear para una opción con las siguientes características: cultivo de soja

⁶ Los Agentes de Liquidación y Compensación (ALyC) son las partes intervinientes en la liquidación y compensación de operaciones (colocación primaria y negociación secundaria), ya sea para ellos mismos o para sus clientes. Caja de Valores S.A. (2019)

con cobertura para sequía, localizado en el partido de Lobos de la Provincia de Buenos Aires, para la cosecha 2017/2018 de tipo put con un precio de ejercicio o strike de 0,123.

Sigla: SOJS0ARB07418P0.123:

Producto	Cobertura	Part. o Dpto.	Cosecha	Put/Call	Strike
SOJ	S0	ARB074	18	P	0.123

De 0 a 1 con 3 decimales (Sequía)
De 0 a 100 con 2 decimales (Inundación)
P para Put
C para Call
Últimos dos dígitos del último año. Ejemplo: 18 para cosecha 2017/2018.
Partido o Departamento (Ver Anexo 1)
S0 para Sequía. I0 para Inundación Enero/Abril I1 para Inundación Enero/Mayo. H0 para Helada
SOJ para Soja LOT para Lote (solo aplica para Inundación) MAI para Maíz MAT para Maíz Tardío

Fuente: Argentina Clearing y Registro S.A.

Del mismo modo, las fechas definidas para los cut off date y publicaciones de índices son las siguientes:

a- Cut Off Date:

Zona	Sequía Soja	Sequía Soja Uruguay	Sequía Maíz Tardío	Inundación Enero/Mayo
Sur	10-oct		10-oct	30-oct
Medio	20-oct	20-oct	20-oct	30-oct
Norte	30-oct		30-oct	30-oct

b- Publicación de índices:

Zona	Sequía Soja	Sequía Soja Uruguay	Sequía Maíz Tardío	Inundación Enero/Mayo
South	26-may		26-may	26-jun
Medium	26-may	26-may	26-may	26-jun
North	26-may		26-may	26-jun

Fuente: Argentina Clearing y Registro S.A.

Participantes y características de la operación bilateral OTC

Al ser estos derivados climáticos unas operaciones con estructura de contrato OTC (Over The Counter) se constituyen acuerdos bilaterales entre las dos partes involucradas, que además de estar sujetos a diversos riesgos se resalta el riesgo de contraparte, dado que estas operaciones no tienen garantía por parte de Argentina Clearing y Registro S.A. ni de ROFEX S.A.

Los participantes involucrados en los derivados climáticos del S4 Índice son los siguientes:

ALyC, Agentes de Liquidación y Compensación, quienes pueden comprar las opciones climáticas a nombre de sus comitentes.

Comitentes, los cuales pueden comprar opciones climáticas para cartera propia. Deben ser personas jurídicas inscriptas en el SISA (Sistema de Información Simplificado Agrícola) o ser personas jurídicas no inscriptas en el SISA, pero con personas humanas relacionadas sí inscriptas.

S4, es el proveedor de los índices climáticos de sequía e inundación.

Argentina Clearing y Registro SA (ACYRSA), en esta entidad se registrarán y liquidarán las operaciones sobre opciones climáticas OTC.

Munich Re Trading LLC (Munich Re TL), en la primera etapa del proyecto, es la única contraparte vendedora de todas las operaciones de compra que se realicen sobre opciones climáticas.

Procesos para operar los derivados climáticos en función del S4 Índice

Argentina Clearing y ROFEX han elaborado instructivos para detallar no sólo los datos técnicos del índice y sus derivados climáticos, sino también los procedimientos para la operatoria de los contratos de derivados climáticos en función del S4 Índice. A continuación, se describen los tres procesos generales.

El primer proceso está dirigido a los Agentes de Liquidación y Compensación, en el cual detalla los formularios y datos que se requieren con el fin de dar inicio al proceso de alta para que los ALyC puedan ofrecer a sus comitentes opciones climáticas bilaterales OTC. En los documentos del proceso, existe un acuerdo marco OTC que describe los términos y condiciones de esta operatoria, la cual se puede encontrar en la página web de Argentina Clearing. De este modo los ALyC que deseen ofrecer a sus comitentes estas opciones climáticas, deberán firmar y presentar a Argentina Clearing los anexos del acuerdo marco, tanto de aceptación de condiciones como el de adhesión al acuerdo marco.

El segundo proceso es el de habilitación de Comitentes para que puedan operar opciones climáticas bilaterales OTC S4. ACyRSA y ROFEX, definen de forma clara en los instructivos que los comitentes deberán ser personas jurídicas y estar inscriptos en el SISA⁷ o ser personas jurídicas no inscriptas en el SISA, pero con personas humanas relacionadas sí inscriptas. El comitente en este proceso de habilitación diligenciará y presentará los formularios con los datos exigidos por ACyRSA. Una vez tenga aprobación de la habilitación del comitente para operar, podrá continuar con el siguiente proceso en el módulo de cobertura S4.

⁷ El Sistema de Información Simplificado Agrícola (SISA) es un nuevo sistema que reemplazó a los registros y regímenes informativos vinculados a la actividad de producción y comercialización de granos y semillas en proceso de certificación, entre los regímenes reemplazados está el "RFOG" – Registro de Operadores de Granos, AFIP (2019).

Por último, está el proceso de carga de operaciones bilaterales OTC, dicho proceso se tiene lugar en la página web de S4 Cobertura, donde el usuario podrá cotizar, confeccionar y cargar la operación de su interés, especificando el producto (sequía o inundación), el subproducto (el tipo de cultivo), la Provincia y departamento, finalmente el capital a proteger, arrojando como resultado final la tasa y el valor del strike. Esta operación deberá ser confirmada por Munich Re TL para poder continuar el proceso.

Facturación y tratamiento impositivo aplicable a la operatoria de opciones OTC climáticas bilaterales

Anteriormente, se mencionaron las tasas aplicables a las operaciones objeto de estudio, 94% que será computado como prima de la opción, un 2.13% (más IVA) sobre el valor de la prima de la opción, que ACYRSA facturará al ALyC, correspondiente a los servicios de ACYRSA. Este monto representa el 2% del costo total. El ALyC luego deberá facturar a su Comitente el 6.39% sobre el valor de la prima (más IVA), correspondiendo 2.13% a una re-facturación de lo percibido por ACYRSA, y el 4.26% corresponderá a la comisión del ALyC (la comisión del ALyC es un 4% respecto del costo total).

En cuanto al IVA, los derechos que factura ACYRSA estarán gravados al alícuota general del 21%. Al momento de la liquidación, el resultado positivo obtenido para cualquiera de las partes por las operaciones sobre opciones OTC climáticas estará encuadrado dentro de la R.G. 830 y por ende sujeto a retención del Impuesto a las Ganancias por el resultado global de las operaciones mensuales, siendo pasible de alícuotas del 0,5% en caso de inscriptos en el impuesto y del 2% en el caso de no inscriptos. ACYRSA actuará como agente de retención por las ganancias de beneficiarios del país.

4. RESULTADOS DE DERIVADOS CLIMÁTICOS EN FUNCIÓN DEL S4 ÍNDEX, NEGOCIADOS EN ARGENTINA (2017/2018)

4.1. Análisis general de resultados

Ya detallados los aspectos técnicos y estructurales del índice S4 y los derivados climáticos que con este se negociaron, los contratos OTC S4, se presentan a continuación dos componentes de resultados. Un primer componente que contempla de manera general por Provincia la cantidad de capital cubierto y pagos por compensaciones que se obtuvieron en la campaña 2017/2018, y un segundo componente específico donde se exponen los porcentajes de pagos sobre capital cubierto en las regiones de Argentina donde tuvo cobertura.

Después de solo 2 años del lanzamiento del S4 Índice y los derivados climáticos que con este se negociaron, el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019) detalló las cifras de la campaña 2017/2018. Se logró cubrir un capital de 82.211.000 USD. Este capital cubierto por productores agrícolas tuvo una distribución de 26.379.000 USD cubierto por riesgo de inundación y 55.832.000 USD por riesgo de sequía. Con este primer dato se infiere que hubo una alta preocupación por parte de los productores agrícolas, por materialización del riesgo de sequía, dado que, del capital cubierto, para el riesgo de sequía representó un 67,9%, mientras que para el riesgo de inundación representó sobre el total cubierto un 32,1%. Ver tablas 1 y 2.

El diario La Nación (2018), al respecto del capital cubierto por estos derivados climáticos en función del S4 Índice, detalla que solo representó un 0,7% de la inversión agrícola total, dado que se estima que para ese período la inversión en Argentina para la siembra de soja, maíz y trigo, era de unos 12.000 millones de dólares.

4.2. Análisis detallado por provincia y tipo de riesgo

Con el fin de visualizar las Provincias del país donde se realizaron las coberturas de capital por riesgos de inundación y sequía, se muestra a continuación las tablas 1 y 2 con base a los datos entregados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019):

Tabla 1: Distribución del capital cubierto, por Provincia y tipo de riesgo

Provincia	Inundación (USD)	Sequía (USD)	Total (USD)
CORDOBA	6.247.000	18.259.000	24.506.000
BUENOS AIRES	10.542.000	11.642.000	22.184.000
SANTA FE	7.514.000	12.672.000	20.186.000
SANTIAGO DEL ESTERO	-	7.927.000	7.927.000
ENTRE RIOS	1.644.000	1.973.000	3.617.000
CHACO	39.000	1.125.000	1.164.000
SALTA	-	1.120.000	1.120.000
LA PAMPA	393.000	415.000	808.000
SAN LUIS	-	621.000	621.000
TUCUMAN	-	78.000	78.000
Total (USD)	26.379.000	55.832.000	82.211.000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Distribución porcentual del capital cubierto, por Provincia y tipo de riesgo

Provincia	Inundación (%)	Sequía (%)	Total (%)
CORDOBA	25,5%	74,5%	29,8%
BUENOS AIRES	47,5%	52,5%	27,0%
SANTA FE	37,2%	62,8%	24,6%
SANTIAGO DEL ESTERO	0,0%	100,0%	9,6%
ENTRE RIOS	45,5%	54,5%	4,4%
CHACO	3,4%	96,6%	1,4%
SALTA	0,0%	100,0%	1,4%
LA PAMPA	48,6%	51,4%	1,0%
SAN LUIS	0,0%	100,0%	0,8%
TUCUMAN	0,0%	100,0%	0,1%
Total (USD)	32,1%	67,9%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas 1 y 2 se destaca que las Provincias con mayor participación en las coberturas de capital fueron Córdoba (29,8%), Buenos Aires (27,0%) y Santa Fe (24,6). Sumado el capital cubierto por estas tres Provincias se logra un Pareto de 81,3%. Estos datos se encuentran en línea y se explican de acuerdo con la cantidad de hectáreas destinadas para producción agrícola, que de acuerdo a publicación realizada por la Bolsa de Comercio de Rosario (2019) *“Entre las Provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe explicaron el 75,84% de la superficie destinada a la producción de oleaginosas, y cerca de un 72,7% del área implantada con cereales para la producción de grano.”*. Siendo estas tres las principales Provincias que cultivan soja.

A resaltar de los resultados productivos de la campaña 2017/2018 son los impactos que tuvieron las exportaciones de productos agrícolas como consecuencia de la sequía que se presentó para este período. La Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2018) en informes de cierre de campaña 2017/2018 evidencian el estado y condición de los cultivos más representativos en Argentina, exponiendo datos alarmantes sobre las pérdidas que a nivel general se presentaron como consecuencia de la sequía.

Las cifras de impacto de la sequía en los cultivos agrícolas, estimado a junio de 2018 que tenía la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, ascienden a -4.800 millones USD de exportaciones netas del complejo sojero. En cuanto al complejo maicero el impacto de la sequía fue de -532 millones USD de exportaciones netas.

Para el cultivo de soja la cantidad dejada de exportar representó una disminución del 37,4% frente a la campaña 2016/2017 y una disminución del 35,1% frente a los últimos 5 años. Por su parte, el cultivo de maíz tuvo una disminución en sus exportaciones de 20,5% frente a la campaña 2016/2017 y un leve crecimiento de 2,5% frente a los últimos 5 años. Sin embargo, este crecimiento debía ser mayor, dado que la meta para dicha campaña era de

producir 41 millones de toneladas de maíz y solo se logró producir 31 millones de toneladas. En Soja tampoco se cumplió la meta de producción, la cual era de 54 millones de toneladas y sólo se logró una producción de 36 millones de toneladas.

Es en este punto donde realizar coberturas sobre un índice climático cobra alta relevancia, y logra diferenciarse frente a un seguro agrícola, porque si bien se presentaron pérdidas en la producción de estos cultivos agrícolas, no fueron por consecuencia de un evento de alto impacto en el corto tiempo (como lo es un terremoto, granizada, incendios, etc), sino de un evento de leve impacto por día, pero que al ser continuado y repetitivo provoca un impacto muy fuerte, medido por el bajo rendimiento de la productividad por hectárea, y son estas pérdidas en la productividad que ningún seguro convencional logra cubrir.

La publicación del índice S4 para sequía de la campaña 2017/2018 se publicó el pasado 26 de mayo de 2018, y de inmediato se liquidaron los pagos por compensación de los productores que realizaron coberturas OTC S4. Diarios como La Nación (2018) publicaron de inmediato en sus titulares la cantidad de dinero a compensar por las coberturas que se realizaron bajo esta novedosa modalidad, un total de 7,5 millones USD se pagaron como compensación en la liquidación de los contratos OTC S4, de las opciones por el índice de sequía. Esta cifra fue expuesta nuevamente por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019), agregando además que unos meses después por la publicación del índice S4 por inundación se liquidaron cerca de 0,5 millones USD como pagos por compensaciones, para un total compensado cercano a los 8 millones de USD en la campaña 2017/2018.

Tal como se mencionó anteriormente en la estructura de los contratos OTC S4, existe un valor de strike para cada partido en cada una de las Provincias, es decir, existe un índice por

del índice estuvo por encima del strike, de modo que no da lugar a pago por compensación, pues no se presentó afectación por el evento climático de acuerdo al índice.

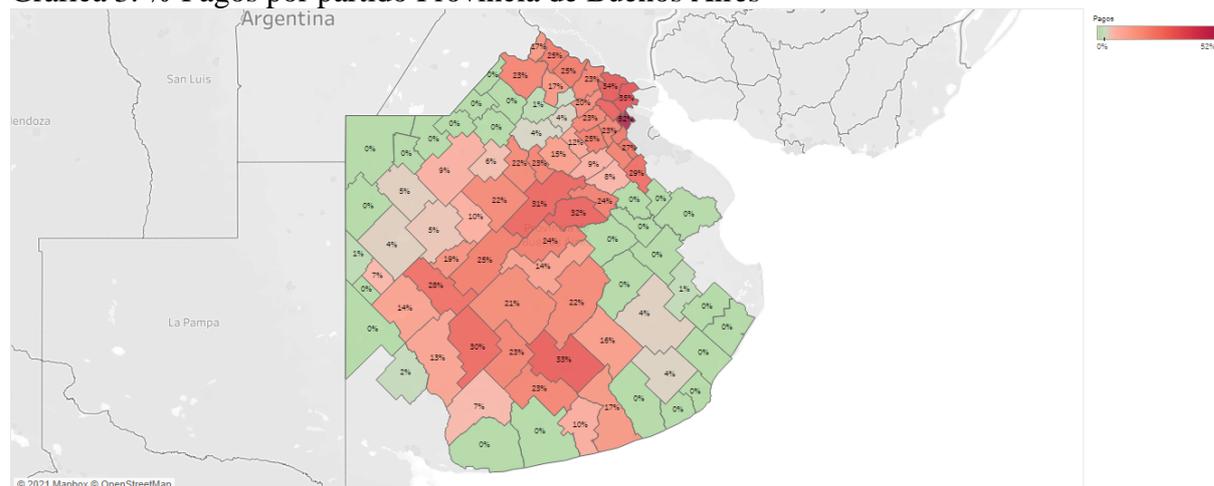
Tabla 3: % de pagos de los partidos de la Provincia de Córdoba

Partidos de la provincia CORDOBA	% Pagos
Rio Primero	35%
Colon	30%
Capital	25%
San Justo	22%
Tulumba	19%
Rio Seco	18%
General San Martin	17%
Totoral	15%
Rio Cuarto	14%
Ischilín	9%
Tercero Arriba	9%
Santa Maria	7%
Rio Segundo	7%
Juarez Celman	3%
Calamuchita	1%
Union	1%
General Roca	0%
Marcos Juarez	0%
Presidente Roque Saenz Pena	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Siguiendo el mismo orden de la Tabla 1, y con el mismo entendimiento del análisis anterior de la Provincia de Córdoba, se detallan las otras nueve Provincias.

Gráfica 3. % Pagos por partido Provincia de Buenos Aires



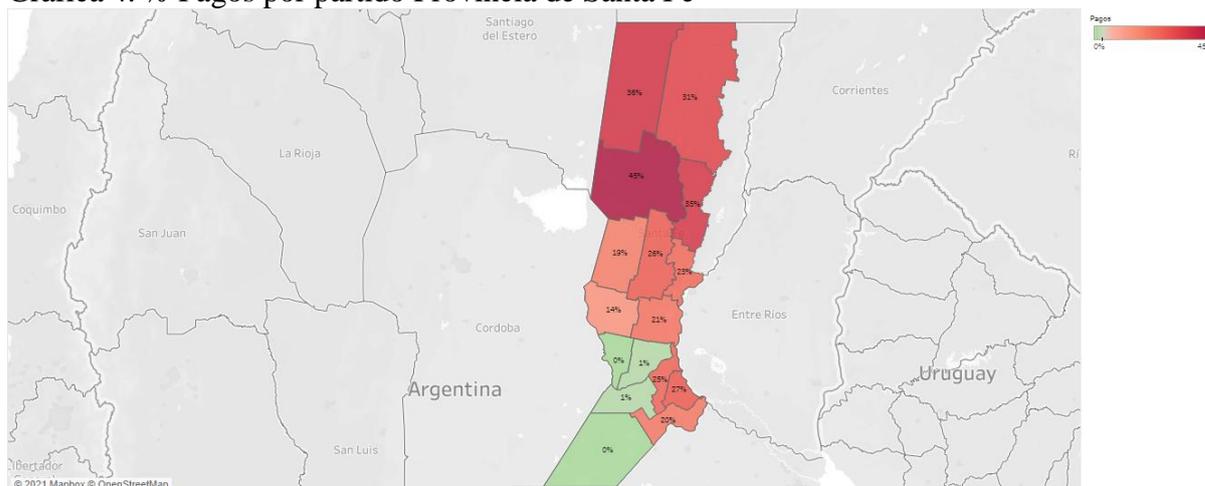
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 4: % de pagos de los partidos de la Provincia de Buenos Aires

Partidos de la provincia BUENOS AIRES	% Pagos	Partidos de la provincia BUENOS AIRES	% Pagos	Partidos de la provincia BUENOS AIRES	% Pagos
Pilar	52%	Olavaria	21%	General Guido	1%
Campana	35%	San Antonio De Areco	20%	Pellegrini	1%
Zarate	34%	Hipolito Yrigoyen	19%	Salto	1%
Benito Juarez	33%	Arrecifes	17%	Adolfo Alsina	0%
Saladillo	32%	San Nicolas	17%	Chascomus	0%
Exaltacion De La Cruz	32%	Necochea	17%	Colon	0%
25 De Mayo	31%	Tandil	16%	Coronel Dorrego	0%
General Lamadrid	30%	Chivilcoy	15%	Florentino Ameghino	0%
Canuelas	29%	Guamini	14%	General Alvarado	0%
Daireaux	28%	Tapalque	14%	General Arenales	0%
Marcos Paz	27%	Coronel Suarez	13%	General Belgrano	0%
General Rodriguez	26%	Suipacha	12%	General Juan Madariaga	0%
San Pedro	25%	San Cayetano	10%	General Paz	0%
Ramallo	25%	Carlos Casares	10%	General Pinto	0%
Mercedes	25%	Lincoln	9%	General Pueyrredon	0%
Bolivar	25%	Navarro	9%	General Villegas	0%
General Alvear	24%	Lobos	8%	Junin	0%
Roque Perez	24%	Tres Lomas	7%	Las Flores	0%
General Las Heras	24%	Coronel Pringles	7%	Leandro N Alem	0%
Alberti	23%	General Viamonte	6%	Loberia	0%
Laprida	23%	Pehuajo	5%	Maipu	0%
Adolfo Gonzales Chaves	23%	Carlos Tejedor	5%	Mar Chiquita	0%
Lujan	23%	Ayacucho	4%	Monte	0%
Pergamino	23%	Trenque Lauquen	4%	Pila	0%
Baradero	23%	Balcarce	4%	Rauch	0%
San Andres De Giles	23%	Carmen De Areco	4%	Rivadavia	0%
9 De Julio	22%	Chacabuco	4%	Rojas	0%
Azul	22%	Capitan Sarmiento Carlos	3%	Salliquelo	0%
Bragado	22%	Saavedra	2%	Tres Arroyos	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 4. % Pagos por partido Provincia de Santa Fe



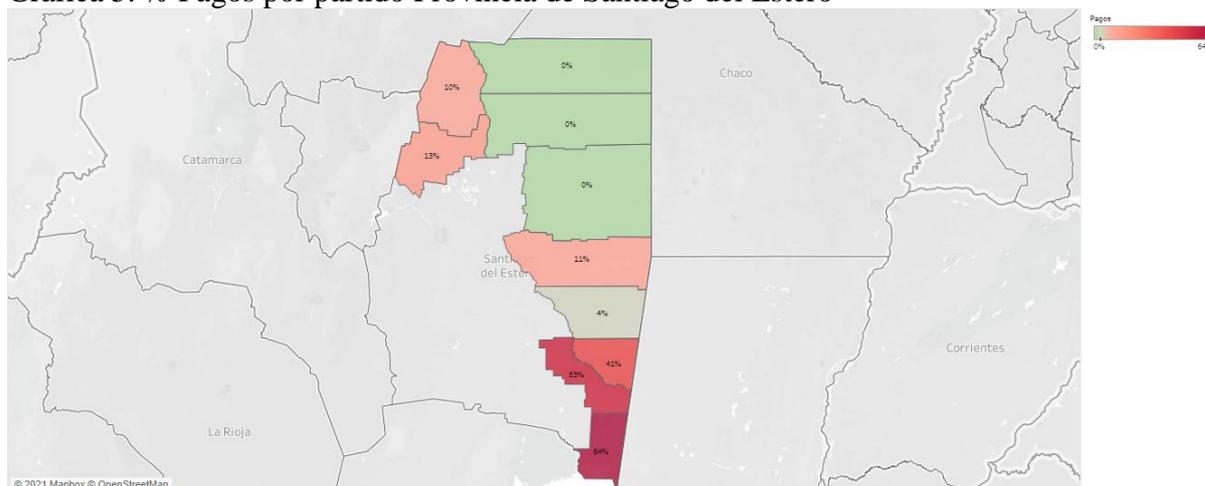
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 5: % de pagos de los partidos de la Provincia de Santa Fe

Partidos de la provincia SANTA FE	% Pagos
San Cristobal	45%
9 De Julio	36%
San Justo	35%
Vera	31%
Rosario	27%
Las Colonias	26%
San Lorenzo	25%
La Capital	23%
San Jeronimo	21%
Constitucion	20%
Castellanos	19%
San Martin	14%
Caseros	1%
Iriondo	1%
Belgrano	0%
General Lopez	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 5. % Pagos por partido Provincia de Santiago del Estero



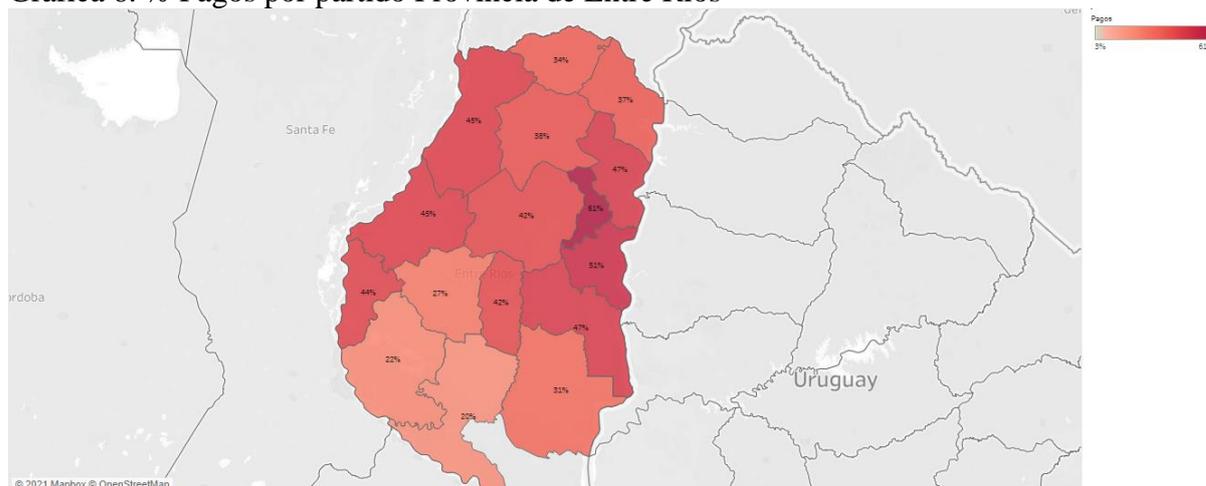
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 6: % de pagos de los partidos de la Provincia de Santiago del Estero

Partidos de la provincia SANTIAGO DEL ESTERO	% Pagos
Rivadavia	64%
Aguirre	53%
Belgrano	41%
Jimenez	13%
Juan F. Ibarra	11%
Pellegrini	10%
General Taboada	4%
Alberdi	0%
Copo	0%
Moreno	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 6. % Pagos por partido Provincia de Entre Ríos



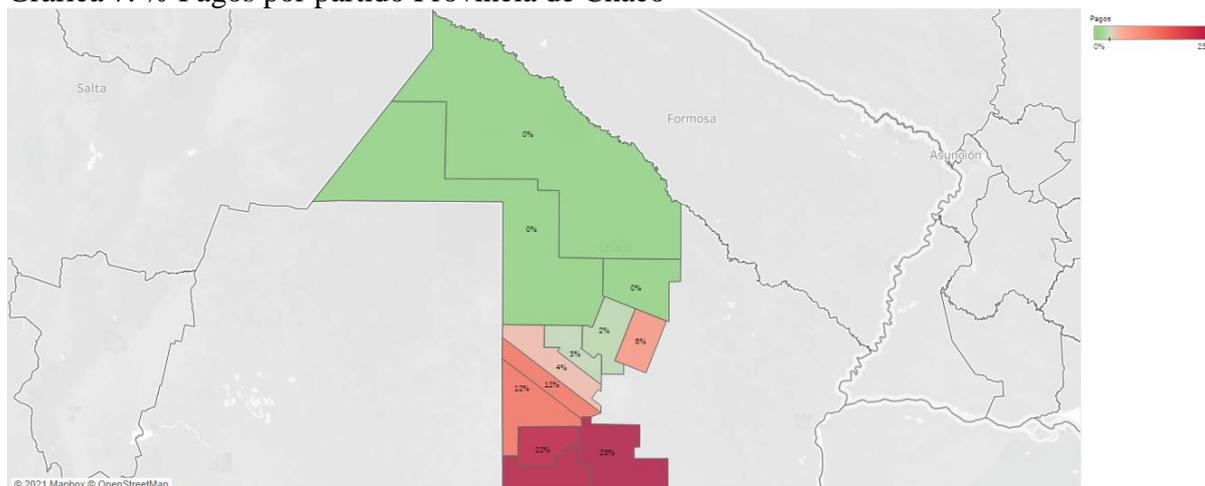
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 7: % de pagos de los partidos de la Provincia de Entre Ríos

Partidos de la provincia ENTRE RIOS	% Pagos
San Salvador	61%
Colon	51%
Concordia	47%
Uruguay	47%
Parana	45%
La Paz	45%
Diamante	44%
Tala	42%
Villaguay	42%
Federal	38%
Federacion	37%
Feliciano	34%
Gualeguaychu	31%
Nogoya	27%
Victoria	22%
Gualeguay	20%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 7. % Pagos por partido Provincia de Chaco



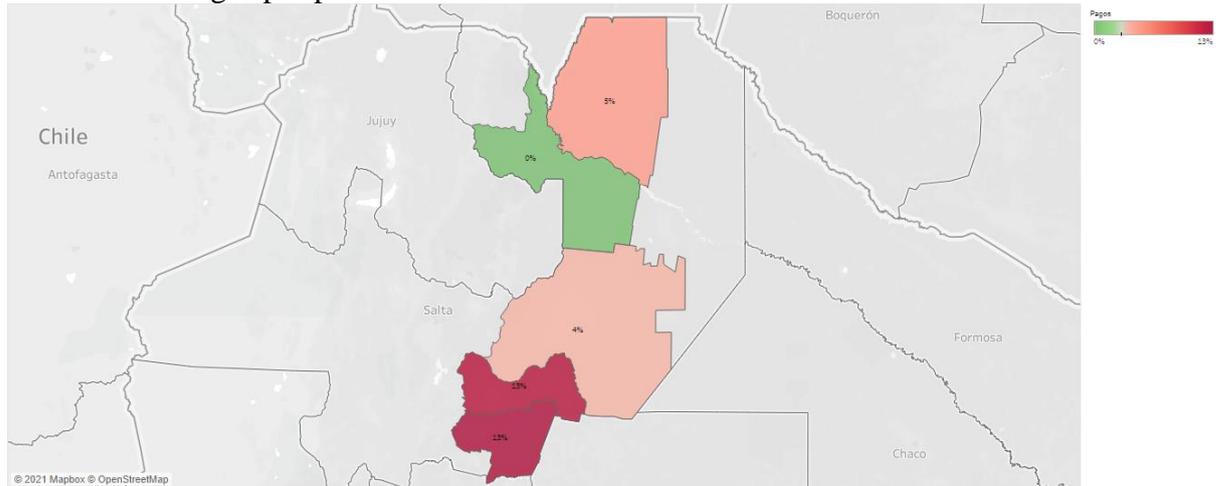
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 8: % de pagos de los partidos de la Provincia de Chaco

Partidos de la provincia CHACO	% Pagos
Mayor Luis J. Fontana	23%
Fray Justo Santa Maria De Oro	23%
2 De Abril	22%
12 De Octubre	12%
Chacabuco	12%
Comandante Fernandez	8%
9 De Julio	4%
General Belgrano	3%
Independencia	2%
Almirante Brown	0%
General Guemes	0%
Maipu	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 8. % Pagos por partido Provincia de Salta



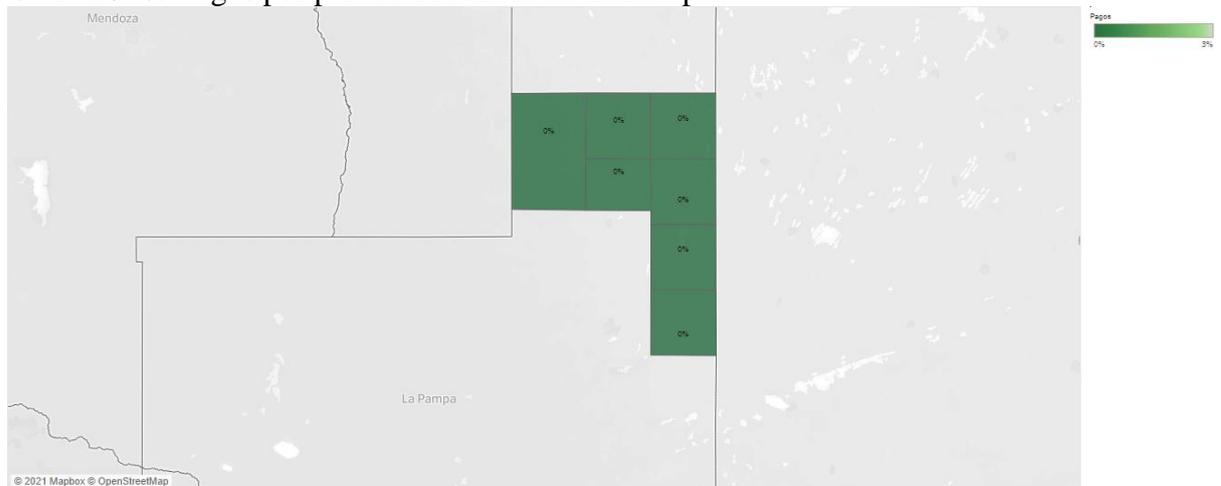
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 9: % de pagos de los partidos de la Provincia de Salta

Partidos de la provincia SALTA	% Pagos
Rosario De La Frontera	13%
Metan	13%
General Jose De San Martin	5%
Anta	4%
Oran	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 9. % Pagos por partido Provincia de La Pampa



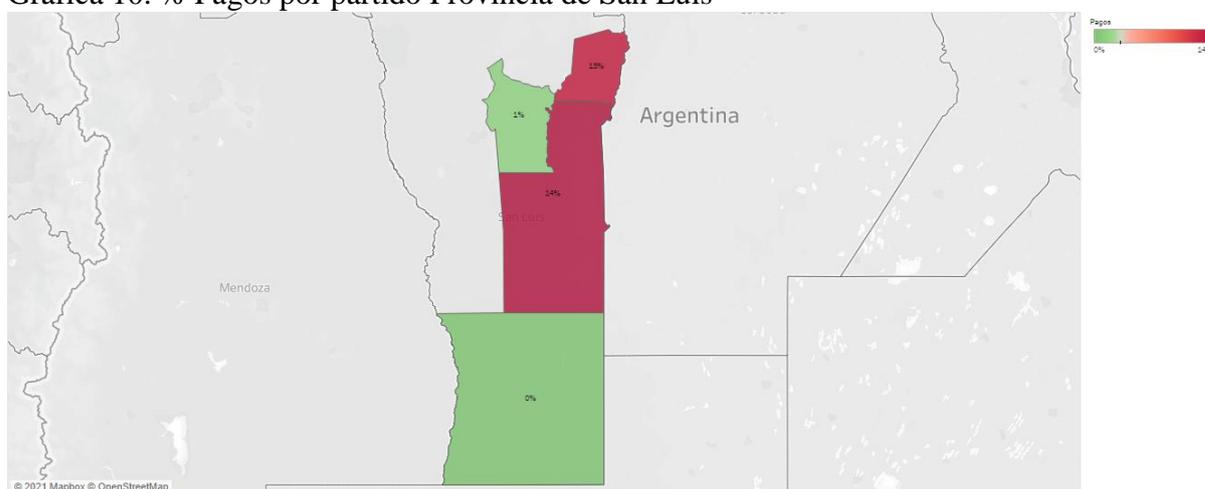
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 10: % de pagos de los partidos de la Provincia de La Pampa

Partidos de la provincia LA PAMPA	% Pagos
Catino	0%
Chapaleufu	0%
Maraco	0%
Quemu	0%
Rancul	0%
Realico	0%
Trenel	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 10. % Pagos por partido Provincia de San Luis



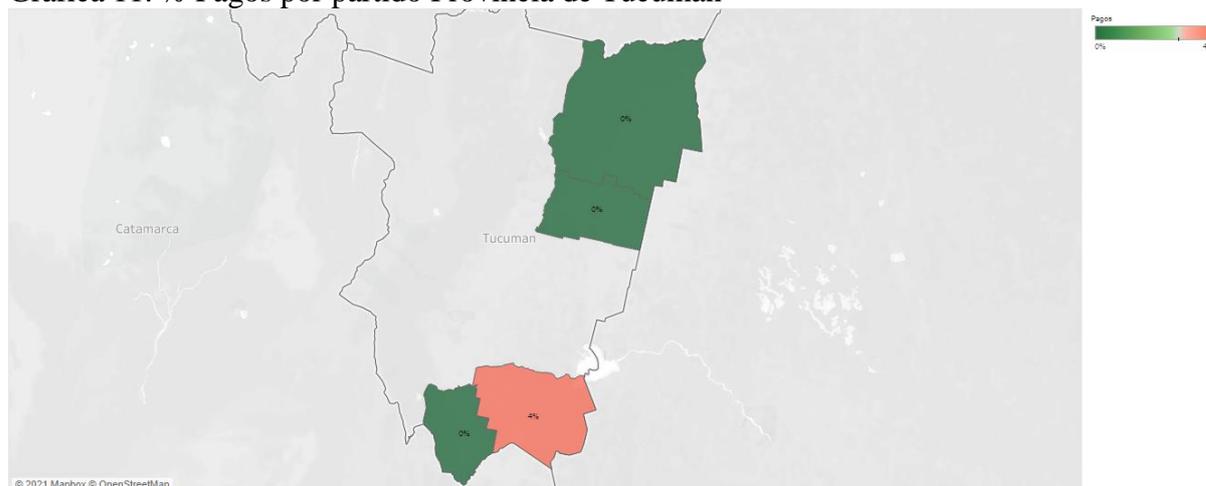
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 11: % de pagos de los partidos de la Provincia de San Luis

Partidos de la provincia SAN LUIS	% Pagos
General Pedemera	14%
Chacabuco	13%
Coronel Pringles	1%
Gobernador Dupuy	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Gráfica 11. % Pagos por partido Provincia de Tucumán



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

Tabla 12: % de pagos de los partidos de la Provincia de Tucumán

Partidos de la provincia TUCUMAN	% Pagos
Graneros	4%
Burruyacu	0%
Cruz Alta	0%
La Cocha	0%

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el director de S4 Agtech (S. Gonzalez, comunicación personal, 6 de noviembre de 2019).

5. CONCLUSIONES

Se elaboró este proyecto con el fin de dar algunas alternativas de cobertura para el riesgo climático, puntualmente a eventos de sequías e inundaciones, los cuales son de pequeña afectación en el corto plazo, pero que al ser repetitivos y constantes pueden convertirse en grandes desastres a nivel de productividad en los cultivos agrícolas y otras actividades que dependan de la agroindustria.

Con el desarrollo de las economías y las constantes fluctuaciones de precios, tasas de interés, tipos de cambio, etc., los mercados financieros evolucionaron y han desarrollado habilidades y herramientas para cubrir todo tipo de riesgo, instrumentos como los derivados financieros han ayudado a personas, empresas y gestores de capitales a cubrirse de algunos riesgos a los que han estado expuestos. El éxito de estos derivados financieros logró captar la atención no solo de los agentes involucrados, sino también de especuladores con el objetivo de obtener ganancias, estos especuladores entraron a participar en este tipo de mercados y dieron mayor relevancia y liquidez a los mercados de derivados financieros.

Las economías agroindustriales y dependientes de esta, en el afán de evolucionar y cubrir la mayor cantidad de riesgos posibles, empujaron al surgimiento de alternativas para la gestión de los riesgos climáticos, es en este punto donde se inicia a hablar de derivados climáticos, y no es más que un instrumento de tipo derivado financiero, pero que trabaja en función de un índice climático, que al igual que los precios, tasas de interés y tipos de cambio presentan fluctuaciones en el tiempo.

Existe una gran diferencia entre los derivados climáticos y los seguros convencionales y es que estos últimos cubren afectaciones por eventos climáticos catastróficos (terremotos,

granizadas, incendios, etc.), los cuales evidentemente son de alto riesgo, pero con baja probabilidad de ocurrencia. En cambio, los derivados climáticos estudiados en el presente trabajo, se ocupan de otorgar una cobertura a eventos de bajo riesgo de afectación en el corto plazo (que acumulados en el tiempo generan una gran pérdida) pero con alta probabilidad de ocurrencia, como lo son eventos de sequía e inundación.

En países con mayor desarrollo económico, como Estados Unidos y Alemania, empezaron a considerar el riesgo climático como un factor clave en la productividad agrícola, de modo que desarrollaron instrumentos financieros capaces de cubrirse frente a los cambios climáticos. Demostraron que un cambio por ejemplo en un grado de temperatura podría tener consecuencias económicas, si subía o bajaba, en distintos grupos económicos como empresas de energía, fabricantes de aparatos electrónicos, empresas de la cadena de alimentos, etc., de modo que empezaron a cubrir cualquier alteración en su curva de producción a causa de cambios climáticos. Ejemplo de índices climáticos para operar derivados financieros son: HDD – CDD; Frost day; Precipitaciones acumuladas; Índice de huracanes; Montly Snowfall.

En Argentina durante el año 2016 se inició un proyecto para impulsar un instrumento financiero con base en índices climáticos, uno para sequía y otro para inundación. Dichos índices son construidos a través de algoritmos que convierten información histórica de un índice verde que recaudan los sensores MODIS y LANDSAT instalados en satélites de la NASA, capaces de obtener información por píxeles que representan un área de la tierra, de modo que logra obtener información individualizada por áreas de 6,25 hectáreas (1 píxel). Los participantes del proyecto son S4 Agtech, proveedor de los índices climáticos; Argentina Clearing y Registro S.A. (ACYRSA), en esta entidad se registrarán y liquidarán las operaciones sobre opciones climáticas OTC; ALyC, Agentes de Liquidación y Compensación, quienes pueden comprar las opciones climáticas a nombre de sus comitentes; y, Munich Re Trading LLC (Munich Re TL), en la primera etapa del proyecto, es la única

contraparte vendedora de todas las operaciones de compra que se realicen sobre opciones climáticas.

Los derivados climáticos en función del S4 Índice son contratos tipo OTC (Over The Counter) y funcionan como opciones tipo Put/Call. Put para sequía y Call para inundación. Operan por campañas anuales, estipuladas las fechas tanto de cierre y su publicación del índice (Sequía 26 de mayo - Inundación 26 de junio).

La campaña 2017/2018 objeto de este estudio, la cual fue a tan solo dos años del lanzamiento del S4 Índice, logró entre sus participantes cubrir un capital de 82.211.000 USD, de los cuales 26,4 millones de USD fueron por riesgo de inundación y 55,8 millones de USD para cubrir riesgo de sequía. Una vez se liquidaron los contratos negociados con este índice, se realizaron pagos por compensación de 8 millones de USD, cerca de 7,5 millones por las opciones de sequía y 0,5 millones por las opciones de inundación.

Por su parte, las Provincias con mayor participación en la cobertura de capital fueron, en orden de mayor a menor capital cubierto, Córdoba (24,5 millones de USD), Buenos Aires (22,2 millones de USD), y Santa Fe (20,2 millones de USD), que agrupado el total del capital cubierto por estas tres Provincias se logra un 81,3% del total de las operaciones para dicha campaña, lo cual hace sentido con la cantidad de hectáreas en inversión agrícola que hay en estas tres Provincias, un 75,8% para producción de oleaginosas y un 72,7% de área para producir granos.

Sin embargo, el total de capital cubierto en la campaña 2017/2018 con opciones climáticas en función del S4 Índice solo correspondió al 0,7% del total de inversión agrícola del país (con una base estimada de 12.000 millones de USD total en inversión agrícola). De modo que, hay un amplio margen de crecimiento con este tipo de instrumentos de cobertura para riesgos climáticos de tipo sequía e inundación.

Para la campaña 2017/2018 en Argentina las pérdidas en las exportaciones netas de los cultivos de soja y maíz como consecuencia de la sequía ascendieron a -4.800 millones de USD en exportaciones de soja y -532 millones de USD en exportaciones de maíz, de acuerdo a lo reportado por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2018) al cierre de esta campaña.

Finalmente cabe mencionar que, es un gran avance para Argentina la implementación o uso de derivados climáticos en función del S4 Índice, demostrando ser una importante herramienta para administrar el riesgo de cambios en la curva de producción como consecuencia de eventos climáticos de sequía e inundación. Abre a su vez una ventana para nuevos desarrollos de este tipo de coberturas en los países de la región con producción agrícola similar, al igual que una profundización académica al respecto.

Se debe tener claro que este instrumento financiero al igual que el índice climático irá evolucionando con el pasar de cada campaña, y en la medida que se tenga mayor investigación, normatividad, publicidad, compondrá las opciones de mejora actuales. Del mismo modo, en la medida que se involucre especuladores le dará mayor relevancia y liquidez al mercado de derivados climáticos en Argentina.

6. BIBLIOGRAFÍA

AFIP (2019). SISA (Sistema de Información Simplificado Agrícola)

<https://www.afip.gob.ar/actividadesAgropecuarias/sisa.asp>

Bolsa de Cereales de Buenos Aires (2018). *Informe cierre de campaña Soja y Maíz*

2017/2018. Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de

<https://www.bolsadecereales.com/estimaciones-informes>

Bolsa de Comercio de Rosario (2019). *Nº Edición 1931 - 15 de Noviembre de*

2019. Recuperado el 17 de octubre de 2020, de

<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/area-por-tipo>

Caja de valores S.A. (2019). Agentes de Liquidación y Compensación (ALyC)

<https://www.cajadevalores.com.ar/Home/FAQ#:~:text=Los%20Agentes%20de%20Liquidaci%C3%B3n%20y,mismos%20o%20para%20sus%20clientes>

Considine, G. (2000). Introduction to weather derivatives. Weather derivatives group, Aquila energy, 1-10

https://www.cmegroup.com/trading/weather/files/WEA_intro_to_weather_der.pdf.

De Lara, A. (2005). *Productos derivados financieros: instrumentos, valuación y cobertura de riesgos*. México. Limusa.

Del Castillo, A. S. (2013). Mercados financieros: todos por una causa. Dykinson.

<https://elibro->

[net.biblioteca.unimagdalena.edu.co/es/ereader/unimagdalena/56826?page=218](https://elibro-net.biblioteca.unimagdalena.edu.co/es/ereader/unimagdalena/56826?page=218)

de la Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Díaz, G., Díaz, P., & Miranda, C. (2019).

Evaluación de la brecha de rendimiento para maíz tardío con distintas densidades de

- siembra en la región central de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 36(2), 1–17.
<https://bd.usergioarboleda.edu.co:2289/10.31047/1668.298x.v36.n2.23613>
- da Silva Gomes, S. M., Koulou Kouli, D., Leal Bruni, A., & Cruz Oliveira, N. (2017).
Relação Entre O Disclosure De Riscos Climáticos E O Retorno Anormal Das
Empresas Brasileiras. *Revista Universo Contábil*, 13(2), 149–165.
<https://bd.usergioarboleda.edu.co:2289/10.4270/ruc.2017213>
- González, E. J., & Maldonado, A. L. (2017). Amenazas y riesgos climáticos en poblaciones
vulnerables. El papel de la educación en la resiliencia comunitaria. *Teoría de la
educación*, 29(1), 273-294. Xalapa, México.
- Hull, J. C. (2009). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. Sexta edición. México.
Pearson Educación.
- Jáuregui, María de los Ángeles. (1998). *Las operaciones financieras y su complejidad:
consecuencias tributarias (trabajo final de posgrado)*. Universidad de Buenos Aires,
Argentina. Recuperado de [http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-
0255_JaureguiMA.pdf](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-0255_JaureguiMA.pdf)
- La Nación. (8 de marzo de 2018). Recuperado el 11 de julio de 2019, de
[https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/seguros-afirman-que-se-cubrieron-81-
millones-de-dolares-por-sequia-e-inundacion-nid2114998](https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/seguros-afirman-que-se-cubrieron-81-millones-de-dolares-por-sequia-e-inundacion-nid2114998)
- La Nación. (29 de mayo de 2018). Recuperado el 11 de julio de 2019, de
[https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/liquidan-us75-millones-en-cobertura-
indice-por-sequia-nid2138874/](https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/liquidan-us75-millones-en-cobertura-indice-por-sequia-nid2138874/)
- Meza, L. (2012). *Gestión del riesgo de sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile*.
D - FAO. [https://elibro-
net.biblioteca.unimagdalena.edu.co/es/ereader/unimagdalena/66077?](https://elibro-net.biblioteca.unimagdalena.edu.co/es/ereader/unimagdalena/66077?)

- Musshoff, O., Odening, M., y Xu, W. (2011) Management of climate risks in agriculture–will weather derivatives permeate?, *Applied Economics*, 43:9, 1067-1077,
DOI: 10.1080/00036840802600210
- Müller, A., & Grandi, M. (2000). Weather Derivatives: A Risk Management Tool for Weather-sensitive Industries. *The Geneva Papers on Risk and Insurance. Issues and Practice*, 25(2), 273-287. Retrieved March 7, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/41952530>
- Medina, Raúl (2016). Derivados sobre clima.
https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/147574/Medina_Raul.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nasa. (2018). Landsat Nasa. Obtenido de https://landsat.gsfc.nasa.gov/sites/landsat/files/2019/02/Case_Studies_Book2018_Landsat_Final_12x9web.pdf
- Ortega Gómez, A. M., Montiel González, C., Gallegos Tavera, Á., Pacheco, A., & Bautista, F. (2019). Indicadores de riesgo climático para el maíz de temporal en un país en desarrollo: el caso del Bajo Balsas, México. *Nova Scientia*, 11(22), 26–52.
<https://bd.usergioarboleda.edu.co:2289/10.21640/ns.v11i22.1682>
- Oberst, T. (2017). Derivados Climáticos: ¿Son un instrumento útil para mitigar el riesgo del productor agrícola? Argentina.
- Rona Azekeley, J. (2013). Guía práctica de los instrumentos financieros derivados. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://elibro-net.biblioteca.unimagdalena.edu.co/es/ereader/unimagdalena/79286?>
- Rodriguez, Adrián (2017). Derivados Climáticos: “Una nueva Herramienta de Cobertura de Riesgos en el Sector Agrícola”.

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23113/3560900232093UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodriguez, L. A. (2012). Derivados Climáticos. España.

https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/1893/71551554A_GADE_septiembre12.pdf?sequence=1

Schiller, F., Seidler, G. y Wimmer, M. (2012) Temperature models for pricing weather derivatives, *Quantitative Finance*, 12:3, 489-500, DOI: 10.1080/14697681003777097

SNIA. (2016). SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA. Obtenido de <http://www.snia.gub.uy/>

Terra-i. (2011). Terra-i. Obtenido de <http://www.terra-i.org/es/news/news/The-benefits-of-MODIS.html>

Vázquez, A., y Sierra, G. (2017). Opciones climáticas para el sector pesquero del pacífico mexicano. *Panorama económico*, 6(11), 33. doi:10.29201/pe-ipn.v6i11.74

Wagner, G. y L. Weitzman, M. (2015). Shock Climático: consecuencias económicas. Antoni Bosch editor. <https://elibro-net.biblioteca.unimagdalena.edu.co/es/ereader/unimagdalena/59810?page=98>

World Bank Group. (2019). *Climate knowledge portal*. Recuperado el 3 de junio de 2019, de <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/argentina>