

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
DOCTORADO

TESIS

RIESGO CLIMÁTICO:

**VALUACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO DE LA
VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA
DE ARGENTINA.**

El caso de la soja

Alumno:

Ana Silvia Vilker

Directora de tesis:

María Teresa Casparri

Codirector de tesis:

Esteban Otto Thomasz

Miembros del tribunal de tesis: Juan Omar Agüero, César Humberto Albornoz y
Alberto Levy

Fecha de defensa de tesis: 27 de septiembre 2018

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	9
ASPECTOS FORMALES Y METODOLÓGICOS.....	10
1. TEMA DE ESTUDIO.....	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS	11
3. OBJETIVO GENERAL.....	12
3.1 Objetivos específicos.....	12
4. APORTE A REALIZAR	13
5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	14
PRIMER CAPÍTULO	15
INCIDENCIA ECONÓMICA DEL SECTOR AGRÍCOLA EN ARGENTINA	15
1. LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA ARGENTINA	15
1.1 Aspectos generales	15
1.2 Datos ilustrativos.....	17
1.3 Argentina y el mundo.....	18
1.4 Incidencia macroeconómica.....	19
SEGUNDO CAPÍTULO.....	25
CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA	25
2.1 CAMBIO CLIMÁTICO	25
2.1.1 Impactos a nivel global del cambio climático.....	25
2.1.1.2 <i>Impacto del cambio climático sobre el sector agrícola en Argentina</i>	32
2.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....	35
2.2.1 Impacto de la variabilidad climática	36

2.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO.....	36
TERCER CAPÍTULO.....	38
MODELOS DE IMPACTO ECONÓMICO.....	38
3.1 INTRODUCCIÓN.....	38
3.2 MODELOS DE IMPACTO ECONÓMICO	41
3.2.1 Enfoque macroeconómico.....	41
3.2.2 Enfoque agronómico	42
3.2.3 Enfoque espacial/ricardiano	45
3.2.4 Enfoque de la variabilidad en los rendimientos	53
3.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO.....	61
CUARTO CAPÍTULO.....	63
METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO.....	63
4.1 METODOLOGÍA.....	64
4.1.1 Etapas del proceso metodológico para obtener la valuación económica.....	64
4.1.2 La metodología en ecuaciones	66
4.2 RESULTADOS	67
4.2.2 Estimación de la pérdida económica de producción a nivel provincial en el cultivo de soja.....	73
4.3 LIMITACIONES DE LAS ESTIMACIONES REALIZADAS	90
QUINTO CAPÍTULO.....	92
CONCLUSIONES	92
5.1 CONCLUSIONES.....	92
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
7. ANEXOS	104
7.1 ANEXO 1. APLICACIÓN DEL MODELO A LA PRODUCCIÓN DE TRIGO	104
7.1.1 Introducción.....	104
7.1.2 Características climáticas de las campañas identificadas por el modelo	105

7.1.3 Estimación de la pérdida económica de producción a nivel provincial en el cultivo de trigo.....	109
7.1.4 Síntesis del anexo	112
7.1.5 Estudio de la significatividad de los coeficientes de la estimación del cultivo de trigo por departamento	114
7.1.6 Comentario sobre los resultados estadísticos	116
7.1.7 Estudio de la significatividad de los coeficientes de la estimación del cultivo de soja por departamento.....	117
7.1.8 Total y porcentaje de partidos afectados por condiciones climáticas extremas por cantidad de desviaciones estándar en la producción de soja	121
7.2 ANEXO 2: ÍNDICE DE SEQUÍA DE PALMER	122
7.3 ANEXO 3	125
7.3.1 Variaciones porcentuales de área sembrada y cosechada, rendimientos y producción de la soja y el trigo a nivel provincial	125
7.4 FENOLOGÍA DEL CULTIVO TRIGO	127

AGRADECIMIENTOS

A María Teresa Casparri, por su apoyo en toda mi trayectoria como docente e investigadora en la Facultad de Ciencias Económicas. Por su aliento, motivación y ayuda para realizar este trabajo.

A Esteban Otto Thomasz por su guía, acompañamiento y su confianza.

Buenos Aires, 24 de noviembre de 2017

RIESGO CLIMÁTICO:

VALUACION ECONOMICA DEL IMPACTO DE LA VARIABILIDAD CLIMATICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE ARGENTINA.

El caso de la soja

Doctoranda: Ana Silvia Vilker
Directora: Dra. María Teresa Casparri
Codirector: Dr. Esteban Otto Thomasz

RESUMEN

El sector agrícola de la economía argentina ostenta una mayor productividad relativa respecto a otros sectores, generando una relevancia económica considerable en la generación de recursos privados, fiscales y de divisas.

A su vez, por las características propias de la actividad y por tratarse mayormente de cultivos de secano, el sector está expuesto en forma directa a los eventos presentes de variabilidad climática.

No obstante, no se cuenta con estudios estandarizados que estimen la magnitud de las pérdidas generadas por eventos de riesgo climático pasados, presentes y futuros de mediano plazo, valuados en términos económicos. Esta información resulta esencial para planificar medidas de adaptación dentro del contexto del cambio climático.

Es por ello que el objetivo de este estudio fue desarrollar una metodología que permita resolver ese problema con el mayor alcance geográfico posible a través de un modelo robusto y estandarizado.

A tal fin, en primer término en este trabajo se resume la incidencia macroeconómica del sector agrícola de la República Argentina. Entre otros indicadores, su participación en el total del Producto Bruto Nacional, el valor bruto de la producción anual de los cultivos estudiados (trigo, maíz y soja), la

participación porcentual del sector en el total de las exportaciones y la estimación monetaria de las retenciones a las exportaciones del complejo sojero.

A partir del análisis de los indicadores arriba mencionados puede afirmarse que el sector agropecuario y, especialmente la producción de granos (cereales y oleaginosas) tiene una elevada participación en la generación de ingresos, recursos fiscales y divisas por exportaciones.

En el segundo capítulo se explora la diferencia en los conceptos de cambio y variabilidad climática. Si bien ambos fenómenos están vinculados, su diferenciación resulta necesario para abordar el estudio del riesgo climático, entendiendo al mismo como la variabilidad de los eventos climáticos relevantes al sector estudiado. Particularmente, cambios en la frecuencia e intensidad del nivel de precipitaciones.

Mientras el cambio climático es producto del incremento de los gases de efecto invernadero y sus consecuencias son el aumento de la temperatura media de la tierra **en el largo plazo** entre otros cambios; la variabilidad climática se manifiesta en eventos **de corto** (diarios, estacionales, anuales) y **mediano plazo**, generalmente representada por la ocurrencia de eventos extremos como las sequías, los excesos de humedad o las temperaturas cálidas extremas durante más de dos días (olas de calor).

Estos últimos eventos son los que más impacto han tenido sobre la producción agrícola de la región pampeana, no solamente por su mayor frecuencia e intensidad, sino por la elevada participación que dicha región tiene en la producción granaria.

En el capítulo tercero se releva el estado del arte de los modelos de valuación bajo enfoques diversos: macroeconómico, agronómico y espacial. Estos miden el impacto del cambio y la variabilidad climática sobre un sector determinado o el conjunto de sectores que conforman el sistema económico de un país.

Del análisis de los trabajos surge que ninguno de ellos mide el efecto del clima desde el punto de vista que se sostiene en esta tesis, en la que se considera el impacto económico de los eventos climáticos extremos, como excesos hídricos y sequías.

Por tal razón en el capítulo cuarto se desarrolla una metodología que permite estimar la producción teórica, entendiendo a la misma como el nivel de producto que se hubiese generado en una campaña de un determinado producto agrícola de no haber acontecido un evento climático extremo, es decir, dentro de un

escenario de variabilidad climática promedio. A partir de ese valor, se calcula la pérdida de producción como la diferencia entre la observada y la teórica, monetizando la misma a través de un precio representativo.

Por último, la metodología fue utilizado para medir la pérdida económica que se registró en eventos pasados, como consecuencia de eventos climáticos extremos (sequías), en la producción de soja de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, desagregada por departamento desde la década del 80 hasta la campaña 2014/15.

Las pérdidas directas del cultivo de soja, como consecuencia de las sequías de las campañas 2008/09 y 2011/12, representaron un monto de aproximadamente 4.900 millones y 3150 millones de dólares de 2016 respectivamente.

Considerando que el cultivo de soja representa el 70% de la producción de granos y está mayormente destinada a la exportación y no al consumo interno, y dada la magnitud de la pérdida estimada, se puede afirmar que los eventos de sequías, como las producidas en las campañas señaladas, tienen impacto macroeconómico en el caso de la República Argentina.

Conceptos claves: Cambio climático, variabilidad climática, valuación económica del impacto de la variabilidad climática.

INTRODUCCION

El objetivo de este estudio es proveer una estimación de las pérdidas económicas, es decir monetizadas, en la producción de soja de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe debidas a eventos negativos de variabilidad climática.

La estimación se realiza a escala de departamento y los resultados se presentan a nivel de las provincias seleccionadas, obtenidos como agregación de las estimaciones a nivel de la unidad de análisis utilizada, es decir, de cada uno de los modelos estimados a nivel de departamento. En suma, se aplicó el modelo a 45, 17 y 18 departamentos de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, respectivamente.

Cabe señalar que en estas provincias se produce aproximadamente el 80% del poroto de soja a nivel nacional.

Es importante destacar que, obtener el valor económico del impacto de un evento climático extremo, es una tarea compleja pues es necesario definir el sector, la escala, el periodo de tiempo y la metodología de evaluación.

En este trabajo se adopta un enfoque económico financiero, es decir, las estimaciones deben servir como insumo para la determinación de la viabilidad de una inversión en infraestructura de adaptación para eventos extremos de sequías.

Estas estimaciones proporcionan información importante a la hora de planificar estrategias de adaptación frente a eventos climáticos, aplicando un enfoque de valuación desde la perspectiva del flujo de fondos monetario, compatible con los modelos tradicionales de evaluación económico-financiera de proyectos de inversión.

El estudio presenta en primer lugar los aspectos formales y metodológicos, seguido por una descripción de la estructura del trabajo.

En el primer capítulo de la tesis se comentan y analizan los aspectos más destacados del sector agrícola de la Argentina. Posteriormente, en el segundo se definen las características sobresalientes de los conceptos de cambio y variabilidad climática. El tercer capítulo trata sobre los estudios que miden el impacto del cambio y la variabilidad climática sobre la economía de un sector determinado o sobre un país y en el cuarto se presenta el modelo propuesto por

este estudio, su aplicación al cultivo de la soja y las proyecciones a futuro del impacto de la variabilidad climática en la producción del cultivo estudiado. Por último se enumeran las conclusiones, los futuros estudios y las limitaciones de la estimación.

ASPECTOS FORMALES Y METODOLOGICOS

1. TEMA DE ESTUDIO

El fenómeno del cambio climático impacta en todos los sectores económicos (energético, turismo, transporte, forestal y especialmente en el agropecuario) generando mayores y nuevos riesgos difíciles de predecir.

Tales riesgos no pueden ser eliminados, dado que devienen generalmente de efectos naturales. Por ello, deben ser gestionados. No obstante, a diferencias de los riesgos económicos y financieros, no existen modelos de gestión del riesgo climático totalmente aceptados y adaptados a la realidad de Argentina.

En este sentido, el propósito de esta tesis es diseñar un modelo que permita estimar y predecir las pérdidas ocasionadas como consecuencia del impacto de un evento climático extremo, como sequía e inundaciones, en una determinada actividad económica y que pueda ser utilizado por diversas organizaciones, pero especialmente aquellas vinculadas al sector público. En tanto, dada la significancia económica, el estudio se centrará en el sector agrícola de Argentina, específicamente en la producción del poroto de soja.

La gestión integral de riesgos implica no tratar a los mismos como compartimientos estancos sino evaluar su interacción, adscribiendo una visión holística de la gestión de los mismos.

El proceso tradicional de gestión integral del riesgo, contempla las fases de evaluación, cuantificación, monitoreo y mitigación o adaptación.

La principal falencia identificada en dichas dimensiones, al menos en el caso del sector agrícola de Argentina, es la falta de modelos de cuantificación de los riesgos climáticos, particularmente de las pérdidas monetarias ocasionadas por los mismos.

Actualmente se han desarrollado estudios que estiman los efectos del cambio climático y de los eventos de variabilidad climática sobre los rindes de los principales cultivos de la Región Pampeana y de otras regiones del país. No obstante, esos estudios carecen de valuaciones de índole económica, información crucial para la toma de decisiones al interior de las organizaciones, tanto públicas como privadas.

Por ello, en esta tesis se explora el marco teórico que mejor ajuste al escenario climático argentino a los fines de establecer los lineamientos para definir un modelo de estimación de pérdidas y/o ganancias económicas vinculadas a los cambios en la dinámica de factores climatológicos como son los cambios en la temperatura promedio en el largo plazo o el incremento de la ocurrencia de eventos extremos (sequías e inundaciones) en el mediano plazo.

La valuación en términos económicos de las consecuencias producidas por los eventos de variabilidad climática otorgaría la posibilidad de reasignar recursos y a su vez aportaría información para el desarrollo de un modelo de gestión e instrumentos y estrategias para ser utilizadas por las organizaciones a nivel privado y para el sector público para la instrumentación de medidas de adaptación a la variabilidad climática.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS

Si bien el cambio climático afecta a todos los sectores de la economía, es loable afirmar que los más afectados son aquellos productores de materias primas. Sin duda, la actividad agrícola-ganadera y su cadena de valor son las más perjudicadas, por ejemplo las sequías que se produjeron en los años 1996 y 2008 que afectaron fuertemente la producción granaria de Argentina, a su vez si se toman como ciertas las proyecciones elaboradas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático las actividades a cielo abierto tendrán pérdidas en sus rendimientos por el impacto de los eventos climáticos adversos. (IPCC, 2014).

En este sentido, la situación de Argentina es comprometida. Si bien Argentina puede considerarse como un país industrial, donde la mayor proporción del Producto Interno Bruto está generada por el sector servicios (como la mayoría de los países desarrollados) el sector primario, a raíz de su alta productividad relativa y de los ingresos producidos, tiene una especial importancia. Esta mayor

dependencia en términos comparativos a otras actividades económicas, presenta entre sus problemas fundamentales que los productores agropecuarios poseen una elevada exposición a la variabilidad climática, dado que en la mayor parte de los casos la actividad primaria se desarrolla a campo abierto y sin riego artificial, dependiendo directamente de la incidencia que sobre ella tienen determinados factores meteorológicos, hidrológicos y/o telúricos.

La elevada incidencia de la producción del sector agrícola en el desempeño de la economía Argentina determina una fuerte exposición de esta a las modificaciones de precios y de cantidades, producidas estas últimas, fundamentalmente por las variaciones climáticas que pueden implicar cambios en el flujo de divisas para el sector privado y por consiguiente público.

En los últimos años el sector agrícola argentino se valoriza, se genera un aumento de la producción producto del avance tecnológico, se expande la frontera agropecuaria y el área para la producción de soja, conjuntamente con el aumento del precio internacional de los granos. Por lo tanto el impacto económico de los eventos extremos climáticos, especialmente sequías, son superiores y podrían tener efectos macroeconómicos, que ameritan la implementación de medidas de adaptación.

3. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta tesis es desarrollar una metodología que permita valorar monetariamente las pérdidas directas producidas en la actividad agrícola como consecuencia de eventos de variabilidad climática pasados como ser excesos o déficits hídricos.

Particularmente se aplicará el estudio a la producción del poroto de soja por su alta incidencia en términos económicos.

3.1 Objetivos específicos

Los objetivos específicos de esta tesis son:

- Explorar la incidencia del sector agrícola en la economía nacional

- Explorar, analizar y comparar modelos de valuación económica del cambio climático, priorizando aquéllos que se puedan utilizar en la producción del sector agrícola.
- Proveer valuaciones económicas de la variabilidad climática para la producción de soja de Argentina.
- Establecer el tipo de evento climático extremo que produce el mayor impacto en la producción de soja.
- Analizar si las valuaciones obtenidas pueden ser utilizadas para determinar la viabilidad financiera de inversiones en medidas de adaptación.

4. APOORTE A REALIZAR

El aporte fundamental de esta tesis es proponer una metodología para la valuación monetaria de las pérdidas producidas en el sector agrícola por el impacto de un evento climático extremo que podrá ser aplicado por diversas organizaciones de Argentina y por el sector público (nacional, provincial y municipal).

A su vez, el estudio contribuirá a fortalecer la dimensión valuatoria del riesgo climático en la producción granaria, dado que como fue previamente expuesto, no se cuenta con estimaciones económicas robustas de las pérdidas generadas por los eventos de variabilidad climática.

La mencionada valuación económica de las consecuencias producidas por la variabilidad climática, aportará información a la comunidad científica, profesional y funcionarios públicos de la incidencia del fenómeno de la variabilidad climática en los ingresos fiscales a nivel provincial y nacional.

Por último, las valuaciones obtenidas en este trabajo pueden ser un insumo para analizar la viabilidad económica financiera de inversiones en infraestructura de adaptación a fenómenos como sequías extremas e inundaciones.

5. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

Esta tesis se organizará en 4 capítulos, los que estarán integrados por diferentes temas relacionados con el trabajo.

En el primer capítulo se comentan y analizan los aspectos más destacados del sector agrícola de Argentina, especialmente el aporte de los cultivos de soja, maíz y trigo con el objetivo de mostrar la relevancia de la agricultura en la economía del país.

En el segundo capítulo se definen los fenómenos, delimitando sus características fundamentales, de cambio y variabilidad climática. El objetivo básico de este bloque de la tesis es poder diferenciar a cada uno de ellos y de esa manera poder determinar bajo el impacto de que fenómeno se concentrará este estudio.

Posteriormente, en el tercer capítulo, estado del arte, se comentan y analizan los estudios que miden el impacto del cambio y la variabilidad climática sobre la economía de un sector determinado o sobre un país, con el objetivo de conocer el tipo de estimación realizada por cada uno de esos trabajos para medir el impacto del riesgo climático o del cambio climático. Entre los enfoques se considerarán el macroeconómico, el agronómico, el espacial y por último el de la variabilidad.

En el cuarto capítulo y en primer lugar se desarrolla la metodología que produce una estimación monetizada de la pérdida de ingresos en la producción agrícola debido a eventos climáticos extremos a escala regional /nacional.

El proceso presentado permite en forma estandarizada y robusta estimar la producción teórica (producción que se hubiese logrado en una campaña de un determinado producto agrícola de no haber acontecido un evento climático extremo) y a partir de ese valor calcular la pérdida de producción como la diferencia entre la observada y la teórica y su posterior monetización a un precio representativo.

Cerrando el capítulo se encuentran las proyecciones del impacto de los eventos climáticos extremos en la producción agrícola y el valor actual de la pérdida bajo dos proyecciones de tasa de interés, la de riesgo internacional y la de riesgo promedio del mercado argentino.

Por último en el quinto capítulo se presenta las conclusiones.

PRIMER CAPITULO

INCIDENCIA ECONÓMICA DEL SECTOR AGRÍCOLA EN ARGENTINA

En este capítulo se comentan y analizan los aspectos más destacados del sector agrícola de Argentina, especialmente el aporte de los cultivos de soja, maíz y trigo con el objetivo de mostrar la relevancia de la agricultura en la economía del país.

Para ello se mostrarán algunos indicadores como la participación sectorial en el total del producto nacional, el valor bruto de producción anual de los cultivos estudiados, la participación del sector en el total de las exportaciones y la estimación de las retenciones a las exportaciones del complejo sojero.

1. LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA ARGENTINA

1.1 Aspectos generales

En la década de los setenta, se establecen en el campo argentino nuevas variedades de cereales y oleaginosas conjuntamente con la doble cosecha. En vez de alternar la producción agrícola con la ganadera, se va produciendo una mayor “agriculturización” basada sobre dos cosechas agrícolas anuales. Esto fue posible debido a la utilización de nuevas variedades que permiten sembrar cultivos “de segunda” y que comienzan a tener preeminencia al ser combinadas con la producción triguera. Surge la producción sojera y el doble cultivo trigo-soja. Esta modalidad se difunde en la región pampeana, especialmente en la región maicera típica, provocando una parcial sustitución del maíz y el sorgo, así como de la actividad ganadera que participaban con estos cultivos en sistemas de explotación mixta. (Fabris J. y Vilker A., 2012)

Desde 1996, la superficie sembrada con maíz, girasol y trigo se mantuvo estable o disminuyó, mientras que la destinada a soja aumentó a más del doble. De los

aproximadamente 33 millones de hectáreas sembradas de granos¹ en la campaña 2014/15, el 58% corresponde a soja mientras que la superficie sembrada en el país de cosecha gruesa (girasol, maíz, soja, maní) alcanzó un total de 28 millones de hectáreas. En el periodo 1994/95 (a título comparativo) la cosecha alcanzaba los 11,4 millones. (Fabris J. et al, 2012)

La agricultura Argentina está fuertemente identificada con cuatro granos: trigo, maíz, girasol y soja. Ello se debe tanto a la superficie dedicada a su producción (32,6 millones de hectáreas en la campaña 2014/15) como a los ingresos que generan sus exportaciones. (Fabris J. et al, 2012)

La producción agrícola extensiva Argentina está orientada a los mercados externos, en contraposición con la agricultura de subsistencia, encaminada a la satisfacción de las necesidades alimenticias del productor y de los habitantes de cada país. Argentina, en la campaña 2014/2015, obtuvo 3.100 kg/ha de rendimiento promedio de soja, valores similares a los obtenidos por Estados Unidos y Brasil, pero a diferencia de esos países, en Argentina el 30% del área de soja se siembra en doble cultivo (Trigo/Soja), lo cual aumenta la productividad por hectáreas destinadas a soja, y coloca al país como el de mayor rendimiento promedio de soja de primera, y el de menor costo de producción del mundo. (Fabris J. et al, 2012)

La expansión del complejo oleaginoso tiene su eje central en la soja, primero convencional y ahora transgénica, sobre la base del sistema de siembra directa. Este grano, que como se dijo anteriormente ha reemplazado al maíz en la Región Pampeana, se ha extendido en los últimos años hacia zonas no utilizadas, ambientalmente más sensibles que la pampa, merced al uso de variedades transgénicas adaptadas a las condiciones de esos lugares. Debido en parte a este proceso, se ha expandido la frontera agropecuaria y ha aumentado 13% la superficie agrícola, a diferencia de lo que ocurre en los Estados Unidos, donde esa expansión no supera el 5%, y en abierto contraste con el fenómeno que se está dando en la Unión Europea (UE), donde la superficie cultivada ha registrado últimamente un decrecimiento anual de 4%, a causa de la multifuncionalidad de la agricultura, el sostenimiento de la familia rural y el cuidado del ambiente. (Fabris J. et al, 2012)

¹ Se consideraron la superficie sembrada en colza, girasol, maíz, soja y sorgo.

Dicha expansión estuvo acompañada de un aumento y una intensificación del uso de maquinaria agrícola y de insumos tales como nuevas semillas, herbicidas, cura semillas, arrancadores y fertilizantes (Fabris J. et al, 2012)

En el apartado siguiente se presentarán algunos indicadores que ilustran lo comentado en estos párrafos, como la variación en los rendimientos, la incidencia macroeconómica de los principales cultivos producidos y la posición de Argentina en el mundo.

1.2 Datos ilustrativos

Comenzando con el **trigo** el que en la campaña 1999/2000, con una superficie sembrada de 6,3 millones de hectáreas, alcanzó una producción de 15,3 millones de toneladas. Representando un rendimiento por hectárea promedio de 2487 kilogramos por hectárea, (Fabris J. et al., 2012). En la campaña 2005/06 se produjeron 12,7 millones de toneladas de trigo, esta disminución se debió a problemas climáticos que afectaron los rendimientos. Siendo la producción en la campaña 2014/15 de 14,14 millones de toneladas, con un rendimiento de 2.810 kilogramos por hectárea que representa un aumento con respecto a la de 1999/00 de un 13% aproximadamente.

El área de siembra de **maíz** en la campaña 1999/00 fue de aproximadamente 3,6 millones de hectáreas. Argentina en los últimos años evidenció mejoras en la eficiencia en la cosecha de maíz que permitieron reducir los niveles de pérdidas en un 35%, aumentando el saldo exportable. En Estados Unidos está en plena expansión la producción de etanol fabricado a partir de maíz. Bajo el contundente título "El cultivo de maíz: la gran oportunidad para la Argentina", se describe que "el maíz es en la actualidad una materia prima importante". En la campaña 2014/15 el área sembrada casi duplica a la registrada en el año 2000. De esta manera, el área total maicera –grano más forraje- se ubica en 6 millones de hectáreas. La producción fue de 34 millones de toneladas y el rendimiento de 7309 kg/ha representando un incremento del 35% con respecto al periodo 1999/00. (Fabris J. et al, 2012)

En la producción de **soja** el total alcanzado en 1999/00 fue de 20,13 millones de toneladas. Esto provino de una superficie sembrada de casi 9 millones de hectáreas. El rendimiento por hectárea alcanzó a 2331 kg. La producción entre la década del 70 y 80 creció veintiocho veces a partir de un bajo valor inicial.

Entre la década del 80 y 90 lo hace un 178% y desde comienzos del '90 hasta el 2000/01 en 131%. En la campaña agrícola 2014/15, la superficie bajo cultivo superó a la de 1999/00 en 11 millones de hectáreas con un 36% de crecimiento en los rendimientos, ubicándolos en 3175 kg/ha. (Fabris J. et al, 2012)

Tabla 1. Rendimiento y su variación porcentual del maíz, trigo y soja

Cultivo	Campaña	Rendimiento	%
		kg/ha	
Maíz	1999/00	5.433	
	2014/15	7.309	35
Trigo	1999/00	2.487	
	2014/15	2.810	13
Soja	1999/00	2.331	
	2014/15	3.175	36

Fuente: Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Anuario Estadístico 2013/14.

En síntesis los cultivos más representativos del sector agrícola de Argentina han experimentado en los últimos 15 años un proceso marcado de crecimiento en sus rendimientos y en su peso relativo en la economía del país.

1.3 Argentina y el mundo

Para la campaña 2014/15 Argentina ocupa el quinto lugar en el ranking de exportadores de trigo del mundo, detrás de Estados Unidos, Canadá, Australia y La Unión Europea, mientras en el 2006/07 el cuarto lugar después de Estados Unidos, Canadá, La Unión Europea y Australia.

Si la referencia es el maíz, según el ciclo comercial, Argentina comparte el segundo puesto como exportador de maíz con China, siendo el primero de Estados Unidos. En la temporada 2014/15 Argentina participa con alrededor de un 10% del comercio internacional de maíz.

En lo que respecta a la exportación de soja, Estados Unidos ocupa el primer lugar seguido de Brasil y Argentina, en ambos períodos (2006/07 y 2014/15).

En cuanto a la exportación de aceite de soja, Argentina lidera el ranking. La sigue Brasil en el segundo puesto y Estados Unidos en el tercero.

1.4 Incidencia macroeconómica

En esta sección se realizará una valuación de la incidencia económica de la producción del cultivo de la soja, el trigo y el maíz en la economía interna del país.

En la tabla 1 se presenta la participación en porcentajes del sector primario, representado por las actividades de agricultura, caza, ganadería y pesca en el total del PIB.

Tabla 2: PIB sectorial de agricultura, caza, ganadería y pesca
-en % del PIB total-

Ministerio de Economía (precios constantes de 2004)	Ministerio de Economía (precios corrientes)	Banco Mundial
7,6%	5%	6%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Economía y del Banco Mundial.

Como se observa, la incidencia promedio de acuerdo a las metodologías y fuentes consultadas ascendió en 2014 a aproximadamente el 7% del valor agregado generado en Argentina. En tanto, el PIB agrícola representa aproximadamente el 80% del sector primario. Vale destacar que en todos los casos se exceptúa el valor agregado del procesamiento, transporte, comercialización y servicios anexos. En este sentido, la valuación de la cadena agroindustrial en el PIB resulta sustancialmente mayor a los guarismos presentados. A modo de ejemplo, de acuerdo a estimaciones de la Bolsa de

Cereales de Buenos Aires, el PIB de la cadena de la soja representó en 2014 el 5,5% del PIB.

En cuanto al valor de la producción de granos, en la tabla 3 se presenta el valor bruto de producción del poroto de soja, maíz y trigo valuados a precios internacionales. Los montos presentados representan el valor potencial de la cosecha de los principales productos granarios sin transformación alguna. Nótese el fuerte incremento generado durante el paso de los años, producto de mejoras en los rindes, expansión de la frontera agrícola y aumento de los precios internacionales (hasta 2012); pero fuertemente influenciado por el dinamismo del cultivo de soja. Obsérvese que el valor bruto de producción estimado de la campaña 2014/2015, al igual que la del 2013/14, equivale aproximadamente al stock de reservas internacionales que se encuentran en el Banco Central de la República Argentina.

Tabla 3: estimación del Valor Bruto de Producción de soja, maíz y trigo
Valores estimados en dólares valuados a precio internacional

Período	Producción (Mill Tns)	Valor cosecha (Mill USD)
2003/04	61,1	12.693
2004/05	74,7	12.992
2005/06	67,6	12.986
2006/07	83,8	22.332
2007/08	84,6	31.205
2008/09	52,5	15.778
2009/10	84,4	26.506
2010/11	88,6	35.635
2011/12	75,8	32.430
2012/13	82,2	34.445
2013/14	87,9	31.980
2014/15	101,6	29.602

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Política Económica. MECON.

Vale destacar que la soja genera el mayor aporte del valor del conjunto analizado, presentado en la campaña 2013/14 el 77% del Valor Bruto de Producción (u\$s24.493 millones). La participación de los cultivos se presenta en la tabla 4.

Tabla 4: estimación del Valor Bruto de Producción de soja, maíz y trigo
-en participación porcentual de la suma de los tres cultivos-

Período	Poroto de soja	Trigo	Maíz
2003/04	69%	18%	13%
2004/05	66%	19%	16%
2005/06	68%	19%	16%
2006/07	67%	17%	8%
2007/08	67%	17%	11%
2008/09	74%	12%	31%
2009/10	77%	8%	8%
2010/11	66%	14%	12%
2011/12	66%	14%	21%
2012/13	74%	7%	18%
2013/14	77%	8%	20%
2014/15	75%	10%	20%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Política Económica. MECON

En relación al aporte de divisas, en la tabla 5 se puede observar que el 31% de las exportaciones totales provienen del complejo sojero, el maíz y el trigo. El aporte más importante proviene del complejo sojero, aportando en promedio un 23% del total de exportaciones.

Tabla 5. Participación de las exportaciones del complejo sojero, maíz y trigo en el total de las exportaciones
-en millones de dólares (FOB) y porcentajes-

Periodo	Valor		Participación en el total de las exportaciones
	Complejo sojero más trigo y maíz	Total exportaciones	
2003/04	9,625	29,939	32%
2004/05	10,205	34,576	30%
2005/06	11,027	40,387	27%
2006/07	12,073	46,546	26%
2007/08	19,230	55,980	34%
2008/09	20,880	70,019	30%
2009/10	15,883	55,672	29%
2010/11	22,775	68,134	33%
2011/12	28,227	84,051	34%
2012/13	23,541	80,246	29%
2013/14	25,091	81,660	31%
2014/15	23,024	68,407	35%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Política Económica. MECON.

En relación a la tributación directa del gobierno nacional, la tabla 6 presenta los valores correspondientes a las retenciones² efectuadas a las exportaciones del complejo sojero, las cuales se estiman en u\$s 6.220 millones para la campaña 2014/2015.

² Las retenciones han sido estimadas de acuerdo a los valores FOB exportados de poroto y subproductos de acuerdo a las alícuotas vigentes.

Tabla 6. Estimación retenciones a las exportaciones del complejo sojero
En millones de dólares

Periodo - Abril a marzo	Derechos de exportación complejo sojero
2003/04	1.503,43
2004/05	1.596,48
2005/06	1.748,57
2006/07	1.848,51
2007/08	4.455,73
2008/09	5.452,25
2009/10	4.206,98
2010/11	5.691,07
2011/12	6.743,23
2012/13	5.875,07
2013/14	6.538,49
2014/15	6.220,83

Fuente: elaboración propia.

En **síntesis**, como se aprecia en la tabla siguiente, puede afirmarse que el sector primario, y especialmente la producción de granos (cereales y oleaginosas), continúa teniendo una alta influencia en la economía interna, analizado a través de diferentes indicadores como: valor de la producción –equivalente al promedio de las reservas internacionales de los años 2014 y 2015 del país- valor agregado, exportaciones y recaudación fiscal directa. En este sentido, resulta importante estudiar uno de los factores que inciden en forma directa en la producción primaria a cielo abierto: el clima. Por ello, el siguiente capítulo está compuesto por distintas consideraciones como los conceptos y las diferencias del cambio y de la variabilidad climática y su impacto en el territorio nacional.

Tabla 7. Principales indicadores del sector agrícola correspondientes a la campaña 2014/15

Indicador	Valor
PIB sectorial de agricultura, caza, ganadería y pesca (precios constantes de 2004) -en % del PIB total-	7,6%
Producción en millones de toneladas de soja, maíz y trigo	101,6
Valor de la cosecha de la soja, el maíz y el trigo (Mill U\$D)	29.602
Participación de las exportaciones del complejo sojero, maíz y trigo en el total de las exportaciones	35%
Estimación retenciones a las exportaciones del complejo sojero (Mill U\$D)	6.220,83

Fuente: Elaboración propia. En base a tablas anteriores.

SEGUNDO CAPITULO

CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

En este capítulo se definirán los fenómenos de cambio y variabilidad climática delimitando sus características. El objetivo básico de este bloque de la tesis es poder diferenciar cada uno de estos y mostrar su impacto en el sector agrícola de Argentina.

A tales efectos se presentará primeramente todo lo relacionado con el cambio climático, como concepto y efectos y en segundo término los aspectos destacados de la variabilidad climática.

2.1 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se produce como consecuencia del aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) producto del desarrollo industrial, la deforestación y la utilización de determinadas prácticas de cultivo. El más abundante de estos gases es el dióxido de carbono (CO₂) que se produce por la quema de combustible fósil.

Los efectos de los cambios en los valores de los GEI, que se comentarán con detalle en los apartados siguientes, son un aumento de la temperatura ambiente y del nivel del mar con el consiguiente riesgo de inundaciones a lo ancho del planeta.

2.1.1 Impactos a nivel global del cambio climático

Los riesgos relacionados con el cambio climático están aumentando considerablemente en la población que vive en ciudades, zonas rurales y asentamientos informales. Los posibles impactos directos del cambio climático incluyen precipitaciones extremas, estrés térmico, inundaciones pluvial y fluvial, deslizamientos de tierra, sequía, mayor aridez y escasez de agua con impactos indirectos generalizados en las personas, las economías y los ecosistemas (Revi et al, 2014).

Se espera que el cambio climático tenga efectos graves sobre los habitantes de los países en desarrollo, porque muchos de ellos dependen en gran medida de la agricultura para obtener ingresos, tienen grandes poblaciones rurales empobrecidas que dependen de esta actividad para subsistir y están financiera y técnicamente menos capacitadas para adaptarse a las condiciones cambiantes. (Seaman et al., 2014). Por lo tanto, la planificación de las medidas de apoyo a la adaptación para reducir el impacto del cambio climático sobre la pobreza y la inseguridad alimentaria requiere métodos de identificación de las regiones vulnerables a nivel nacional y local.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) espera que en los países en desarrollo el cambio climático tenga importantes impactos a corto plazo basados en precipitaciones extremas y sequías que conducirá a cambios en las áreas de producción de alimentos y cultivos no alimentarios y tendrá impactos importantes sobre la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, con especial énfasis en el bienestar de los pobres de las zonas rurales (IPCC, 2014).

La contribución del grupo de trabajo II del IPCC al Quinto Informe de Evaluación mencionado es:

“En los últimos decenios, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos.

En muchas regiones las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alternado los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad.

Muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificados sus áreas de distribución geográfica, actividades estacionales, pautas migratorias, abundancias e interacciones con otras especies en respuesta al cambio climático en curso.

Sobre la base de muchos estudios que abarcan un amplio espectro de regiones y cultivos los impactos negativos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos. El cambio climático ha afectado negativamente el rendimiento del trigo y el maíz en muchas regiones y en el total global. Los efectos en el rendimiento del arroz y la soja han sido menores en las

principales regiones de producción y a nivel global, con un cambio nulo en la mediana con todos los datos disponibles, que son menores en el caso de la soja en comparación con los otros cultivos.

Actualmente la carga mundial de mala salud humana a causa del cambio climático es relativamente pequeña en comparación con los efectos de otros factores de estrés y no está bien cuantificada.

Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición se derivan de factores distintos del clima y de desigualdades multidimensionales producidas a menudo por procesos de desarrollo dispares. Estas diferencias hacen que sean diferentes los riesgos derivados del cambio climático.

Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática. Entre los impactos de estos fenómenos extremos conexos al clima figuran la alteración de ecosistemas, la desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos, morbilidad y mortalidad y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. Para los países independientemente de su nivel de desarrollo, esos impactos están en consonancia con una importante falta de preparación para la actual variabilidad climática en algunos sectores.

Los peligros conexos al clima agravan otros factores de estrés, a menudo con resultados negativos para los medios de subsistencia, especialmente para las personas que viven en la pobreza". (IPCC, 2014).

Sin embargo a pesar de las advertencias de los expertos en cambio climático, las políticas de adaptación y mitigación siguen siendo escasas en los países de ingresos medios. Los recursos finitos y la capacidad tecnológica restringen la

capacidad de adaptación incremental y más transformativa en los sistemas sociales, principalmente en los países en desarrollo (Kates et al, 2012; Moser y Ekstrom, 2010).

La temperatura media mundial ha aumentado por más de 8°C a lo largo del último siglo, siendo la década del 2000 al 2010 el período con más altas temperaturas registradas y los años 2005 y 2010 los más calurosos de la historia³. El aumento en las temperaturas también ha sido acompañado por otros cambios en el estado del tiempo y el clima. Muchos lugares han experimentado variaciones en la precipitación fluvial resultando en lluvias más intensas, así como olas de calor más frecuentes y severas. En el caso de los océanos y glaciares, los primeros se están calentando y haciéndose más ácidos y las capas de hielo derritiéndose consecuentemente presionando a un mayor aumento de los niveles del mar (IPCC, 2014).

Con respecto a los niveles del CO₂ la Organización Meteorológica Mundial en su informe del año 2016 comenta que este gas alcanzó por primera vez en 2015 el umbral de 400 partes por millón en la atmósfera. Otro de los aportes del informe se refiere a la relación existente entre el cambio climático y los fenómenos extremos. De los 79 estudios publicados por el Boletín de la Sociedad Meteorológica Americana entre 2011 y 2014 en más de la mitad se observó que el cambio climático antropógeno, producido por la acción del hombre, había contribuido a la aparición de fenómenos extremos. Por ejemplo la probabilidad de ocurrencia de las olas de calor, se ha multiplicado por diez como consecuencia del cambio climático. Argentina sufrió esta situación en diciembre de 2013 (OMM, 2016).

Según el informe final del *America's Climate Choices* del año 2011, el aumento de la temperatura media mundial en tan solo uno o dos grados puede conducir a serias consecuencias: 5-15% de reducciones en el rendimiento de cultivos como se cosechan en la actualidad, 3-10% de aumento en la cantidad de lluvia que cae durante los eventos de mayor precipitación, lo cual aumenta los riesgos de inundaciones, 5-10% de reducción en el flujo de la corriente en algunas cuencas fluviales y 200-400% de aumento en las áreas quemadas por incendios forestales. Lejos de advertir un cambio en esta tendencia los científicos proyectan que las temperaturas medias de la Tierra aumentarán entre 1.1°C y 6.7 grados centígrado para el 2100⁴.

³US EPA: <http://www.epa.gov/climatechange/basics/>

⁴ NRC (2011). *America's Climate Choices: Final Report*. National Research Council. The National Academies Press, Washington, DC, USA.

Asimismo, el cambio climático se está expresando en la aparición de “daños naturales”, como inundaciones, sequías, huracanes cada vez más frecuentes e intensos, circunstancia que hace más evidente la necesidad de que los gobiernos, los productores agropecuarios y la industria de seguros asuman una actitud más proactiva y adopten las medidas necesarias para garantizar la sustentabilidad de la actividad.

En el próximo apartado se comentarán los efectos del cambio climático, en las regiones en que se ha dividido el territorio de la República Argentina, así como también las proyecciones a futuro realizada por los estudiosos del fenómeno.

2.1.1.1 Impacto del cambio climático en el territorio de Argentina⁵

La Tercera Comunicación Nacional elaborada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable a través de su dirección de Cambio Climático contiene un informe sobre los efectos del cambio climático en Argentina. Para ello dividieron al país en cuatro regiones que contienen cada una la totalidad del territorio de las provincias y que son enumeradas a continuación:

- ✓ *Húmeda*: Misiones, Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires.
- ✓ *Centro*: La Pampa, San Luis, Córdoba, Tucumán, Santiago del Estero, Chaco y Formosa.
- ✓ *Andina*: Mendoza, San Juan, La Rioja, Salta y Jujuy.
- ✓ *Patagonia*: Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz, Tierra del Fuego y Antártida e Islas del Atlántico Sur.

El informe destaca que:

- *Región Húmeda*: El aumento de la temperatura media anual fue entre 0,5° C y 1° C entre los años 1960 y 2010, siendo el promedio de 0,3° C.

En el futuro cercano (2015-2039) el aumento de la temperatura sería menor a 1° C.

En cuanto a las olas de calor en el futuro cercano serían mayores a dos días en el año y hasta quince en Misiones.

⁵ http://3cn.cima.fcen.uba.ar/3cn_informe.php y http://3cn.cima.fcen.uba.ar/TCN_CIMA_Vbarros_2015.pdf

Las precipitaciones aumentaron entre 1960 y 2015 en casi toda la región. Consistente con este aumento los indicadores muestran que las precipitaciones extremas han incrementado su intensidad. El informe no proyectaba cambios importantes en las precipitaciones medias pero si en las extremas.

En *síntesis* se predicen riesgos con respecto a las olas de calor y aumento de la temperatura con precipitaciones extremas más intensas y frecuentes (inundaciones).

- *Región Centro:* El aumento de la temperatura entre 1960 y 2010 fue en general menor a 0,5° C proyectando para el futuro cercano (2015 – 2039) un aumento menor a 0,5° C en el sur de la región y hasta 1° C en el norte.

En tanto en el futuro habría un aumento de los días con olas de calor, siendo el aumento mayor en el norte de la región que en el sur.

Las precipitaciones aumentaron en casi toda la región excepto en la zona central, disminuyendo en invierno. Los pronósticos para el futuro cercano son de prolongados períodos secos en invierno en el centro de la región.

En *síntesis*, se pronostica la prolongación del período seco en invierno, más días con olas de calor y precipitaciones extremas más intensas.

- *Región de los Andes:* La temperatura aumento en general más de 0,5° C y en todas las estaciones del año, en la máxima pero también en la mínima. En el futuro cercano el aumento de la temperatura sería de 1° C en casi toda la región.

Las precipitaciones aumentaron en casi toda la región (1960 – 2010). Predicen que habrá una tendencia a más prolongados períodos secos en invierno.

En *síntesis* se predice una prolongación del período seco invernal, con precipitaciones extremas más intensas en el norte. Altas temperaturas y valores extremos por encima de la media.

- *Región Patagónica:* El aumento de la temperatura media fue en los últimos 50 años de más de 0,5° C con aumentos similares en la mínima y la máxima. El incremento en el futuro (2015 – 2039) de la temperatura sería menor a 1° C. Las heladas serán menos frecuentes con un aumento del cambio con el tiempo.

Entre 1960 – 2010 las precipitaciones disminuyeron en casi toda la región cordillerana y central, incrementándose en el norte y el sur de la región. Las previsiones son de una disminución de las precipitaciones.

En *síntesis*, seguirán retrocediendo los glaciares y se proyecta una tendencia general hacia mayor aridez.

- La visión a nivel de territorio nacional indica que entre 1960 y 2010 se produjo un aumento de la temperatura media entre 0,5° C y 1° C. Las olas de calor aumentaron en el norte y en el este y las heladas disminuyeron en casi todo el país.

Las precipitaciones también aumentaron en casi todo el país y fueron más intensas y frecuentes, salvo en los Andes patagónicos donde disminuyeron.

En cuanto al futuro cercano (2015 – 2039) se predice un aumento de la temperatura media y cambios no importantes en las precipitaciones.

Ahora bien, se proyecta con un nivel de confianza medio y en promedio un aumento de los extremos relacionados con las altas temperaturas y precipitaciones intensas en la mayoría del territorio argentino.

Al respecto resulta ilustrativo el comentario de Carlos Di Bella, director del Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar, en el mes de abril del 2016.

“Nos encontramos frente al cuarto abril más lluvioso desde 1970 y que, de seguir las lluvias, podríamos destacarlo como el más lluvioso de los últimos casi 50 años”, agregó.

Sólo a modo de ejemplo, el especialista citó el caso de la localidad de Reconquista, Santa Fe, donde cada abril desde 1970 hasta 2015 llovió un promedio de 156,8 milímetros. Y, en lo que va del

mismo mes en este año se registraron 372,4 milímetros, un 240 % más que la media mensual.

Si bien se trata de un mes que se caracteriza por las precipitaciones, los registros hasta el momento son excepcionales y muy por encima de la media, lo que complica el normal desempeño de las actividades en las localidades anegadas.⁶

Otra situación que muestra el aumento de la intensidad de las precipitaciones es proporcionada por el Índice de Palmer producido por el Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales de la Universidad de Córdoba, el que presenta para los meses de enero, febrero y marzo del 2017, humedad extrema en gran parte de la provincia de La Pampa y el sur de Córdoba y que ha provocado pérdidas según Thomasz et al, 2017 en el caso de La Pampa de más del 30% de la producción de soja correspondiente a la campaña 2016/17.

Hasta aquí se ha definido el fenómeno de cambio climático y se han relatado sus efectos a nivel global y particularmente en Argentina, que se manifiestan en variaciones en la temperatura media, precipitaciones y derretimientos de los hielos en períodos de por lo menos 30 años, proyectándose cambios, con un nivel de confianza medio y en promedio, de un aumento de los extremos relacionados con las altas temperaturas y precipitaciones intensas en la mayoría del territorio argentino. A continuación se comentarán los efectos del cambio climático en la producción agrícola de Argentina.

2.1.1.2 Impacto del cambio climático sobre el sector agrícola en Argentina

Uno de los estudios realizados para Argentina del impacto del cambio climático sobre el sector agrícola, corresponde a la Segunda Comunicación Nacional (Magrin et al, 2007). El trabajo consideró los cultivos de la soja, el trigo y el maíz en la Región Pampeana concluyendo que las zonas más afectadas serían las que se encuentran al norte de esta región y entre otros resultados encontraron que el cultivo de soja sería beneficiado en el futuro, debido a su alta resistencia a las altas temperaturas sin afectar sus rendimientos (CEPAL, 2014). Este

⁶ <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=31497>

resultado se produce *ceteris paribus*, es decir, si se mantienen las mismas condiciones de humedad y temperatura.

La evaluación del impacto del cambio climático sobre la producción agrícola (Murgida, et al, 2014) fue realizada con las siguientes variables:

- se proyectó la producción del trigo, la soja y el maíz para diferentes escenarios,
- se consideró la oferta y la demanda de agua para los cultivos
- la incidencia de las enfermedades y
- la clasificación y caracterización de los actores sociales involucrados

Para la evolución de los rendimientos utilizaron modelos biofísicos que estudian el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento final de los cultivos teniendo en cuenta las disponibilidades hídricas y nutricionales. Los datos utilizados fueron valores diarios de temperatura (máxima y mínima), radiación global y precipitaciones. Asimismo, se consideraron las características de los suelos más representativos de la región y diferentes aspectos del manejo de los cultivos, como por ejemplo las fechas más comunes de siembra, fertilizantes usados, cultivos anteriores y condiciones hídricas y nutricionales iniciales.

Para evaluar los impactos se realizaron estimaciones para un período base 1960-1990 y como clima futuro se proyectaron los siguientes períodos: 2012-2050, 2041-2070 y 2071-2100. El impacto fue calculado como la diferencia entre los resultados obtenidos en el período base y las proyecciones futuras.

La medición de los efectos del cambio climático sobre los suelos fue realizada utilizando el análisis de secuencias del DSSAT⁷, que permite estimar la evolución de una determinada secuencia de cultivos a lo largo de los años. En cuanto a los impactos sobre el balance hídrico, se evaluó la falta o exceso de agua debido a los cambios en las precipitaciones y las temperaturas. Para los impactos sobre la presión de las enfermedades se utilizaron modelos disponibles en el INTA, que se basan en la relación entre variables meteorológicas y su efecto sobre determinadas enfermedades como la Fusariosis del trigo o la enfermedad de fin de ciclo de la soja.

⁷ *Decision support system for agrotechnology transfer*. Para más información véase Jones et al (2003).

Los resultados obtenidos por estos estudios indican que el impacto del incremento del CO₂⁸ sería positivo para todos los cultivos estudiados (trigo, maíz y soja), aunque hay diferentes resultados de acuerdo a los distintos sectores (norte, sur o noreste, etc.) de la Región Pampeana. En cambio, los efectos de la temperatura y las condiciones hídricas contrarrestan el efecto positivo del CO₂. Si este último no es considerado se produciría una disminución generalizada en la producción de los tres cultivos. Esta incertidumbre sobre las pérdidas de producción en el sector agrícola que se producirían como consecuencia de cambios en la temperatura y las precipitaciones podría ser en parte disminuida si se lograrán simular las pérdidas futuras a partir del análisis del pasado reciente.

En lo referente al impacto sobre el balance hídrico, siempre en la región objeto de estudio, el déficit de agua aumentaría para el trigo, no tanto para el maíz mientras que para la soja no presentaría deficiencias.

Más recientemente la Tercera Comunicación Nacional actualizó los valores de los rindes proyectados, no alterándose las tendencias descriptas en los párrafos precedentes. De acuerdo a la Tercera Comunicación Nacional (Ortiz de Zárate et al, 2014), para proyecciones climáticas para el período 2015-2039, el cultivo de trigo presenta una disminución del rendimiento mientras que el maíz y la soja arrojan incrementos en los rindes. Se destaca el caso de la soja, donde el modelo aplicado muestra incrementos promedio del 37,5% en los rendimientos.

Tabla 8: Proyección de rendimientos en el futuro cercano (2015-2039)

Cultivo	Rindes	
	Escenario Moderado (RCP 4.5)	Escenario extremo (RCP 8.5)
Trigo	-12,7%	-13,3%
Maíz	+8,4%	+11,9%
Soja	+32,2%	+42,5%

Fuente: Elaboración propia en base a Tercera Comunicación Nacional (Ortiz de Zárate et al, 2014).

⁸ El estudio utilizó los valores sugeridos por el IPCC, 2001 para los distintos horizontes temporales: 451, 532 y 698 ppm CO₂ para el escenario de máxima y de 429, 478 y 559 ppm CO₂ para el de mínima, correspondientes a 2030, 2050 y 2080, respectivamente. (Murgida et al, 2014. Pág. 17).

En síntesis, si se tiene en cuenta el efecto positivo del CO₂ el cambio climático no produciría una caída severa en la producción Argentina. La zona suroeste de la Región Pampeana y la Región del Noroeste son las que tendrían una mejor performance, siendo el cultivo más favorecido la soja, seguido por el trigo. Pero en cambio y de acuerdo a los resultados del estudio de Murgida *et al*, 2014 si se verían afectados por cambios en los valores de las temperaturas y déficit o excesos hídricos. Siendo estas características las que justamente se predicen para el futuro, con un nivel de confianza medio y en promedio, por los expertos que elaboraron la Tercera Comunicación Nacional de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, por eso en el punto siguiente se analizarán el significado e impacto de la variabilidad climática.

2.2 VARIABILIDAD CLIMÁTICA

El cambio climático, como se ha desarrollado en los primeros apartados de este capítulo, se relaciona con los efectos que ocasionan el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero, que producen en el largo plazo cambios tendenciales en los niveles de temperatura, precipitaciones y aumento del nivel del mar a escala global. Como consecuencia de este fenómeno el clima se ha modificado en los últimos 60 años, por ejemplo, Argentina se ha vuelto más cálida, pero lo más evidente es que ha aumentado su variabilidad.

Consecuentemente resulta necesario diferenciar entre el fenómeno del cambio climático y la variabilidad climática. Mientras que el primero constituye un proceso de largo plazo, el segundo se produce en el presente y se vinculan a los cambios de corto y mediano plazo en los valores de las variables climatológicas, generalmente están representados por la profundización de ocurrencia de eventos extremos como excesos y/o déficit hídricos. No hay un cambio de tendencia, pero sí de variabilidad.

Es justamente la variabilidad climática la que más ha afectado la producción agrícola de la Región Pampeana, generalmente vinculada con el aumento de la frecuencia e intensidad del fenómeno ENSO (Barros, et al, 2015).

2.2.1 Impacto de la variabilidad climática

Entre el 2000 – 2001 hubo inundaciones en la llanura de la provincia de Buenos Aires que provocaron pérdidas de alrededor de 700 millones de dólares por la baja en los rendimientos del trigo, maíz, forraje y la producción de leche. Otro ejemplo fue la sequía de 2008-2009 cuando las precipitaciones en algunas zonas fueron casi la mitad de los valores medios con pérdidas de producción de un 29% en soja, 20% en trigo, 19% en girasol, 12% en maíz y una reducción del 40% del área sembrada en trigo. (Barros, et al, 2015).

Como se puede apreciar, según los valores presentados en el párrafo anterior, las pérdidas en la producción de diferentes cultivos y las disminuciones de áreas sembradas como consecuencia de eventos climáticos extremos, inundaciones o sequías, son considerables.

2.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

En este capítulo se ha esbozado el concepto de cambio climático que se produce como consecuencia del aumento de los gases de tipo invernadero, entre los que el CO₂ es el más abundante. Sus manifestaciones son el aumento de la temperatura media de la tierra en el largo plazo acompañado por otros cambios en el estado del tiempo y el clima. En el caso de los océanos y glaciares, los primeros se están calentando y haciéndose más ácidos y las capas de hielo derritiéndose consecuentemente presionando a un mayor aumento de los niveles del mar (IPCC, 2014).

Por ejemplo en Argentina entre 1960 y 2010 se produjo un aumento de la temperatura media entre 0,5° C y 1° C. Las olas de calor aumentaron en el norte y en el este y las heladas disminuyeron en casi todo el país. Las precipitaciones también aumentaron en casi todo el país y fueron más intensas y frecuentes, salvo en los Andes patagónicos donde disminuyeron. En cuanto al futuro cercano (2015 – 2039) se predice un aumento de la temperatura media y cambios no importantes en las precipitaciones. Se proyecta con un nivel de confianza medio y en promedio un aumento de los extremos relacionados con las altas temperaturas y precipitaciones intensas en la mayoría del territorio argentino.

En cuanto al impacto del cambio climático sobre el sector agrícola de Argentina, dado el efecto positivo del CO₂ sobre alguno de los cultivos, este no produciría una caída severa en la producción del país. Siendo la más favorecida la producción de soja, seguido por la del trigo. Pero en cambio y de acuerdo a los resultados del estudio de Murgida et al, 2014 si se verían afectados por cambios en los valores de las temperaturas y déficit o excesos hídricos. Por esto se consideró a la variabilidad climática que se manifiesta en eventos de corto (diarios, estacionales, anuales) y mediano plazo, generalmente representada por la profundización de ocurrencia de eventos extremos como ser sequías, excesos de humedad o temperaturas calidas extremas durante más de dos días (olas de calor).

Estos últimos eventos son justamente los que más han afectado la producción agrícola de la región pampeana, por ejemplo la sequía de 2008-2009 cuando las precipitaciones en algunas zonas fueron casi la mitad de los valores medios produjo pérdidas de producción de un 29% en soja, 20% en trigo, 19% en girasol, 12% en maíz y una reducción del 40% del área sembrada en trigo. (Barros, et al, 2015).

A pesar de la relevancia de los resultados comentados, hasta el momento, no se han realizado estimaciones que monetizen las pérdidas de producción de los cultivos sembrados y afectados en las diferentes regiones del país por el impacto de las variaciones climáticas extremas, por ejemplo, cambios en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones.

Por eso el objetivo de esta tesis es desarrollar un modelo confiable y estandarizado que produzca una estimación monetizada de la pérdida de ingresos en la producción agrícola debido al impacto de eventos climáticos extremos, como sequías y excesos hídricos, los que tienen y tuvieron importantes efectos en la actualidad y en el pasado inmediato.

Con el fin de cumplir el objetivo mencionado, en el capítulo siguiente se hace una exploración de los modelos que, desde la **ciencia económica**, han incorporado la variable climática a la medición de los rendimientos y de valuación de ingresos o del valor de la tierra destinada a la explotación agropecuaria, con el fin de indagar si alguno de ellos ha monetizado las pérdidas de producción acaecidas como consecuencia de eventos climáticos adversos o extremos.

TERCER CAPÍTULO

MODELOS DE IMPACTO ECONÓMICO

En este capítulo se comentarán y analizarán los estudios que miden el impacto del cambio y la variabilidad climática sobre un sector determinado o el conjunto de sectores que conforman el sistema económico de un país.

El objetivo es conocer el tipo de estimación realizada por cada uno de esos trabajos para medir dicho impacto, que en esta tesis –medir el impacto- se considera como el valor monetario de la cantidad de producción perdida como consecuencia de una evento climático extremo. Entre los enfoques se considerarán el macroeconómico, el agronómico, el espacial y por último el de la variabilidad.

3.1 INTRODUCCIÓN

El panel intergubernamental para el cambio climático define los impactos climáticos como “las consecuencias del cambio climático en sistemas naturales o humanos (IPCC, 2001). Los tipos de impacto afectan de manera particular a cada una de las localidades que conforman la tierra según sus características geográficas y/o socioeconómicas (Hernández Ramírez C. et al, 2014).

En períodos recientes se ha producido un gran interés por medir y estudiar los efectos del cambio climático ya que entre otras cosas puede afectar los tipos de cultivos, su producción y las frecuencias e intensidad de las cosechas. Esta tarea no es sencilla ya que intervienen un considerable número de variables y además el hombre tiende a variar su comportamiento ante los cambios, por ejemplo sustituye productos e insumos, cambia, en la medida de lo posible, fechas de siembra y cosecha (CEPAL, 2010). Entre los problemas que se presentan al abordar la valuación económica del cambio o riesgo climático se encuentran, la escala, el tipo de impacto a medir, la metodología de valuación, la proyección de precios y la disponibilidad de información. Los resultados de la valuación

serán totalmente diferentes si el problema se analiza globalmente, a escala regional o local. Los estudios a escala mundial analizan los impactos del calentamiento global o el shock de sequías o precipitaciones excesivas en determinados países y/o en la economía global. Por ejemplo, Burke et al (2015) concluyen que se prevé que el calentamiento no mitigado reestructurará la economía mundial reduciendo los ingresos medios en aproximadamente un 23% para el año 2100 y ampliando la desigualdad de los ingresos debido a las diferencias de los impactos en los países con economías dependientes del sector primario y los industrializados.

En cuanto a los shocks a escala global, Cashin, Mohaddes y Raissi (2014) analizan la transmisión macroeconómica internacional de los impactos climáticos como consecuencia de El Niño, concluyendo que las consecuencias económicas difieren entre países, considerando variables tales como la actividad económica o la inflación.

Respecto al enfoque a nivel de país (Aaheim, 2012, CIER, 2007, CEPAL, 2010, DNP BID, 2014, CEPAL, 2014), la mayoría de los estudios abordan el problema a través del impacto en los sectores económicos más importantes (agricultura, pesca, silvicultura, transporte, recursos hídricos) y luego los resumen en estimaciones del Producto Interno Bruto, en algunos casos a través de un modelo macroeconómico de equilibrio general. Sin embargo, este enfoque está estrictamente relacionado con el escenario de las emisiones de CO₂ y no tiene en cuenta la variabilidad climática. Además, los vínculos entre los sectores - como la relación entre los recursos hídricos, la energía y la agricultura- no son valuados monetariamente.

Finalmente, a medida que los impactos del cambio climático se experimentan localmente (Carter et al, 2015), el enfoque a escala local ha sido estudiado más profundamente, seleccionando un área específica de producción agrícola.

Por lo tanto, la selección de la escala definirá de algún modo el tipo de impacto a analizar, como la seguridad alimentaria, la inflación o la pérdida de producción. En consecuencia, la medida económica podría centrarse en los ingresos o beneficios, o en el efecto sobre los precios. La metodología de valuación dependerá de la escala y el tipo de impacto, y puede ir desde enfoques simples (sensibilidad macroeconómica) hasta métodos estadísticos más sofisticados, análisis de series temporales (modelos de sensibilidad, ricardianos, de función de pérdidas, etc.).

Es importante destacar que estos diferentes tipos de modelos requieren de información geográfica a gran escala como por ejemplo la climática que es escasa en los países subdesarrollados.

Aunque existen bases de datos que registran las pérdidas por desastre que según el estudio de Gall (2015) tienen potencial para evaluar el impacto del cambio climático, (a pesar de contener información incompleta y de requerir muchas mejoras, especialmente deberían incorporar valuaciones de pérdidas indirectas, entre otras, pérdida de horas de clase en las escuelas, contaminación del agua, pérdidas de ingreso por comercios cerrados) sus estimaciones proporcionan información importante para explorar las relaciones entre el cambio climático y sus efectos sobre los sectores con sensibilidad al clima, así como las pérdidas y daños ocasionados por los eventos climáticos extremos.

Por último, al enfrentarse a la valuación económica, los precios son un elemento clave a tener en cuenta, y una de las variables más difíciles de pronosticar. Esto se debe a que la mayoría de los efectos -económicos, políticos, sociales, climáticos y expectativas- se manifiestan de alguna manera en los precios corrientes y aislar las fluctuaciones de los precios mundiales de los productos básicos debido a los eventos climáticos requiere de un profundo análisis econométrico. En Cashin et al (2014), Arteaga et al (2013) y Thomasz et al (2016) se pueden consultar diferentes enfoques para evaluar el impacto de los precios en los productos básicos.

Dado que esta tesis se ocupa específicamente del sector agrícola en este capítulo se resumen y analizan las metodologías desarrolladas para estimar los impactos del cambio y la variabilidad climática en dicho sector, clasificadas como, macroeconómica, agronómica, espacial/ricardiano y la de la variabilidad de los rendimientos.

En primer lugar se desarrolla el enfoque macroeconómico que incorpora al clima como un insumo más dentro de la función de producción, afectando por lo tanto la productividad del sector. Los impactos del cambio climático se simulan como shocks (negativos) de productividad a los distintos sectores, modificando el coeficiente técnico asociado a una función de producción Leontief.

El segundo enfoque analizado es el agronómico que estima las respuestas de los productos estudiados a variaciones de temperatura y precipitaciones con series que pueden ser anuales o diarias. Estimados los impactos en la producción se

los incorpora a modelos económicos que permiten estimar cambios en la oferta y/o en los precios de los cultivos.

El tercer enfoque es el espacial/ricardiano que calcula los efectos del cambio climático en función de la variación en el valor de la tierra. El supuesto fundamental es que el mercado es competitivo y por lo tanto el valor de la tierra representa el valor presente de los ingresos netos provenientes del uso eficiente de la misma.

Por último el enfoque de la variabilidad en los rendimientos de los cultivos se basa en modelos de ajuste econométrico de series históricas, analizando desvíos del rendimiento real (obtenido en cada campaña) respecto a la tendencia de la serie. El enfoque resulta robusto para la identificación de casos extremos.

3.2 MODELOS DE IMPACTO ECONÓMICO

3.2.1 Enfoque macroeconómico

El enfoque macroeconómico, desarrollado en un trabajo de la Dirección Nacional de Planeamiento de Colombia y el Banco Internacional de Desarrollo (2014) toma como base la información que surge de las cuentas nacionales, y estima el impacto del clima en cada sector de actividad en términos de PIB. Se utiliza un modelo de equilibrio general estocástico que modeliza el sistema económico incorporando al clima como un insumo más dentro de la función de producción, afectando por tanto la productividad del sector.

En primer lugar establecen las relaciones existentes entre las variables climáticas y los resultados económicos de los sectores estudiados. Luego se aplican en las relaciones encontradas en los modelos estimados los valores de diferentes escenarios climáticos del futuro propuestos por el Panel Intergubernamental del cambio climático (IPCC) observando su efecto en términos de productividad.

Los impactos del cambio climático se simulan como *shocks* (negativos) de producción a los distintos sectores modificando el coeficiente técnico asociado a una función de producción Leontief. El impacto en el bienestar de los hogares se asocia al incremento de precio que el cambio climático puede generar en los bienes consumidos.

Las estimaciones calculadas son de tipo agregado, y el modelo permite cierta flexibilidad en el tratamiento metodológico de cada sector en particular. No obstante, en general no incorpora variabilidad, sino que estima impactos en el largo plazo, motivo por el cual es generalmente utilizado para realizar valuaciones económicas del fenómeno del cambio climático, realizando proyecciones de largo plazo: períodos de 50 ó 100 años.

Por otro lado, las estimaciones no contemplan el posible daño producido en la infraestructura y el capital requeridos para la producción. Se supone que la tecnología, los manejos de los cultivos, la superficie sembrada y la productividad del capital y el trabajo se mantienen constantes.

Por último si no se toma en cuenta el efecto del cambio climático en todos los sectores de la economía como el turismo, la industria, el comercio y la actividad extractiva entre otros se puede llegar a subestimar el impacto económico del cambio climático sobre la economía de un país.

3.2.2 Enfoque agronómico

En principio los estudios clasificados dentro de este enfoque se basaron en encuestas a expertos y experimentos de laboratorio que medían el impacto de variaciones en la temperatura sobre determinados cultivos, resultados que eran usados para estimar como cambiaría la producción bajo diferentes escenarios climáticos (Maddison, Manley y otros, 2007).

El enfoque agronómico, de acuerdo a CEPAL (2010), utiliza modelos interdisciplinarios para simular cambios en determinados cultivos. Estiman las respuestas de los productos estudiados a variaciones de temperatura y precipitaciones con series que pueden ser anuales o diarias. Una vez que tienen las consecuencias las incorporan a modelos económicos que permiten estimar cambios en la oferta y/o en los precios de los cultivos.

Metodológicamente, según Ramírez y otros (2014) el enfoque agronómico se basa en una función de producción que relaciona determinados factores que se combinan para producir un bien. Entre los primeros estudios que se realizaron dentro de este enfoque están los de Warrick (1984) que con modelos de regresión simula aumentos de la temperatura que traían como resultado una disminución en la producción de los cultivos, en cambio Tarjung y otros (1984) pioneros también como Warrick concluyen que como consecuencia de un

aumento de la temperatura tendría que haber más riego si no se producían cambios tecnológicos.

Estudios realizados por Easterling y otros (1993) en los Estados Unidos con datos de temperaturas observadas en los años treinta concluyen en forma similar a los anteriores que sin modificaciones tecnológicas y aumentos de dióxido de carbono (CO₂) traerían como consecuencia bajas en la producción y pérdidas económicas. Smit y otros, en 1996, incorporaron en sus estudios una variable que representaba la adaptabilidad humana al cambio climático, es decir, se dejó de considerar al agricultor como “ingenuo”. La incorporación de esta variable ayudo a disminuir la sobreestimación de los aspectos negativos del cambio climático y subestimaciones de los positivos. Trabajos posteriores incluyen un número superior de adaptaciones a nivel de granja, sustituciones de insumos y productos, impactos en los precios de las *commodities* y el bienestar. Darwin y otros (1995) toman en cuenta las relaciones entre el clima y la agricultura, la producción y el consumo para evaluar los efectos del cambio climático a nivel de la agricultura mundial y llegan a la conclusión que las pérdidas serían mayores si el cambio climático es severo y si no se permite la incorporación de mayor cantidad de tierras para el cultivo. Además afirma que más extensiones de las zonas frías del planeta se incorporarían a la producción mientras que en las regiones tropicales al disminuir la humedad del suelo decrecería la productividad agrícola.

Los resultados de los estudios realizados dentro de este enfoque se obtienen a partir en una función de producción estimada por el método de mínimos cuadrados (MCO) que relaciona determinados factores que se combinan para producir un bien.

La función de producción, que especifica el rendimiento por hectárea de un producto o la producción agropecuaria en un departamento o región (r) y en un período de tiempo (t) se representa por:

$$Q_{rt} = \beta_0 + \beta_1 S_{rt} + \sum \beta_i VT_{rt} + \sum \beta_j VC_{rt} + \sum \beta_k VS + \mu_t \quad (1)$$

Donde:

Q_{rt} : Rendimiento de un determinado cultivo en un departamento/región y período determinado (Paltasingh·K.; et al, 2012; Loyola R.; et al, 2010 y Lobell D.; 2010; Tannura M.; et al, 2008). Mientras que Ordaz J.; et al, 2010, estiman también la función de producción utilizando como variable dependiente los

valores de índices de producción agropecuaria, cultivos o pecuario para un determinado periodo.

Las variables independientes son: S_{rt} : Es la superficie cultivada por departamento/región y cultivo; VT_{rt} , VC_{rt} y VS son vectores de variables tecnológicas (Calidad del suelo, tipo de semillas y *management*⁹) climáticas (temperatura promedio y máxima, precipitaciones acumuladas) por departamento/región respectivamente y sociales (población total, población económicamente activa total y rural). β_0 intercepto, $\beta_{i,j}$: parámetros y μ_i : término de error. Las variables sociales son usadas por Ordaz J.; et al, como variables de control. La medición del impacto de la tecnología en los rendimientos de diferentes cultivos fue incorporada en el estudio realizado por Tannura M., et al, 2008 en los estados de Illinois, Indiana e Iowa de los Estados Unidos, para la soja y el maíz.

3.2.2.1 Estudio empíricos

El estudio realizado por Ordaz, Ramírez, Mora y Acosta (2010): “Costa Rica efectos del cambio climático sobre la agricultura”, se basa en una función de producción estimada a partir del método de mínimos cuadrados (MCO) que relaciona determinados factores que se combinan para producir un bien. Las variables dependientes que utilizan son datos anuales entre 1961 a 2005 de índices de producción agropecuaria, de producción de cultivos y de producción pecuaria de tipo Laspeyre, construidos por la FAO y los rendimientos en toneladas por hectárea del maíz, frijol y café. Con los índices obtuvieron la función de producción por sectores y en el caso en que utilizaron los rendimientos la función de producción era por cultivo. Como variables independientes en ambos casos usaron las precipitaciones acumuladas en los meses de mayo a octubre, la temperatura máxima y la promedio anual con sus respectivos términos al cuadrado. Las variables de control consideradas fueron la proporción de la población económicamente activa (PEA) rural en la PEA total y población.

La forma general elegida para la estimación de la función de producción es cuadrática pues permite visualizar los efectos positivos y negativos sobre el rendimiento del cultivo ya que en este tipo de funciones es sencillo ver a partir

⁹Tannura M.; et al, 2008, p.p. 7.

del máximo rendimiento cuales son los valores de temperatura o precipitación que lo determinan y cuáles los que producirían un disminución o aumento de ese valor óptimo.

Ordaz et al., 2010, presenta los resultados obtenidos en gráficos de funciones cóncavas que representan los impactos de las variaciones de temperatura y precipitación sobre las distintas variables dependientes. La temperatura máxima que se produjo en el año 2005 en Costa Rica fue mayor a la que permite obtener una producción máxima. Los autores expresan que podría afirmarse que los efectos negativos del calentamiento global ya estarían ocurriendo en el sector agropecuario del país. Con respecto a las precipitaciones el nivel que tuvieron en el 2005 fue inferior al nivel que optimiza la producción.

Una vez estimada la función de producción se pueden variar los valores de variables como temperatura, precipitaciones, etc. y ver su impacto sobre la producción.

El método de la estimación de la función de producción tiende a sobreestimar los efectos negativos del clima ya que no toma en cuenta los procesos de adaptación que realizan los productores. No obstante, si bien la función de producción no capta las acciones de adaptación de los agricultores al cambio climático, tiene la ventaja de proporcionar buenos resultados en relación entre rendimientos y diferentes situaciones climáticas.

Respecto al cambio del comportamiento de los productores, Smit, McNabb y Smithers (1996) incorporaron en sus estudios una variable que representaba la adaptabilidad humana al cambio climático. La incorporación de esta variable ayudo a disminuir la sobreestimación de los aspectos negativos del cambio climático y la subestimaciones de los efectos positivos. Trabajos posteriores incluyeron un número superior de adaptaciones a nivel de granja, sustituciones de insumos y productos, impactos en los precios de las *commodities* y el bienestar.

3.2.3 Enfoque espacial/ricardiano

En cuanto a los modelos espaciales/ricardianos, estiman los efectos del cambio climático en función de la variación en el valor de la tierra, la producción agrícola y los cambios que se producen en las distintas regiones. Por esto

utilizan a) modelos Ricardianos, b) modelos de equilibrio general y c) modelos de sistemas de información geográficos. Las ventajas de este enfoque se encuentran en poder cuantificar el impacto del cambio climático en unidades con un alto grado de desagregación y pueden considerar otras variables importantes como la calidad de la tierra. Entre las desventajas se encuentra que los resultados obtenidos por estos modelos dependen de la disponibilidad de datos sobre las regiones geográficas que interesan para el estudio y de la eficiencia del análisis estadístico en eliminar factores que ayudan a la confusión.

Entre los procedimientos considerados dentro de este enfoque, cuyo objetivo fundamental es medir el impacto del clima en el valor de la tierra, el Ricardiano es uno de los más utilizados. Los supuestos en los que se basa son que en mercados competitivos el valor de la tierra representa el valor presente de los ingresos netos provenientes del uso eficiente de esta. Por medio de regresiones se estiman los cambios en el valor de la tierra utilizada para la agricultura ante variaciones en el clima y otros factores económicos y no económicos.

Con este método se realizaron estudios en Estados Unidos y en varios países africanos. Mendelsohn, Dinar y Sanghi (2001) realizaron un estudio comparativo entre la India y Estados Unidos, concluyendo que los efectos del cambio climático son más adversos para los productores de países subdesarrollados que de países desarrollados. Las investigaciones realizadas en Sri Lanka muestran que incrementos en la temperatura producen una baja en ingresos netos mientras que un aumento de las precipitaciones produce una mejora en los mismos. También se realizaron estudios en Brasil, México y otros países sudamericanos, encontrándose que las magnitudes de los efectos del cambio climático son diferentes entre países inclusive entre regiones de cada uno de los territorios analizados. Las implicancias son más fuertes para los países cercanos al Ecuador y al sur de este donde las temperaturas son más altas.

Lozanoff y Capp afirman que la técnica Ricardiana (de corte transversal) examina no sólo los efectos directos de los diferentes ambientes sobre las explotaciones sino también los indirectos provenientes de la adaptación del productor. A partir de estos se mostró que la adaptación del productor al cambio climático en los Estados Unidos fue muy importante. Mediante este método Lozanoff y Capp realizaron un estudio para Argentina utilizando datos de una encuesta que se realizó entre octubre de 2004 a junio de 2005 a 402 productores con diferentes tamaños y priorizando en los pequeños productores familiares. Los datos del suelo fueron de bases regionales de la FAO y los climáticos de información satelital, aunque la información de las precipitaciones utilizadas

fue de estaciones meteorológicas cercanas al área en estudio. Los autores concluyeron que existe una fuerte correlación entre el ingreso neto y las variables climáticas en especial con la temperatura invernal y las precipitaciones de verano.

Ramírez y otros (2010) utilizando la función de producción –método estructural- y el enfoque Ricardiano para analizar el impacto del cambio climático en el Istmo Centroamericano reveló efectos adversos en los rendimientos de la producción agrícola, que se reflejarían en pérdidas económicas importantes. Estudios similares, realizaron los mismo autores, para Costa Rica, Honduras y Guatemala.

Por último y de acuerdo al informe de la CEPAL (2010): “Istmo Centroamericano: Efectos del cambio climático sobre la agricultura” más allá del método utilizado para medir el impacto del cambio climático, todos muestran pérdidas (de pequeñas a importantes) en la producción agrícola, aunque una vez adaptados a los cambios se produce un aumento del bienestar del productor, así como también un aumento de los precios de los bienes agrícolas y de la influencia del CO₂ en el desarrollo de los cultivos.

3.2.3.1 Desarrollo del modelo Ricardiano

El modelo Ricardiano se utiliza para estudiar la variación del valor de la tierra entre diferentes regiones representante de distintos climas. (Mendelsohn, Nordhaus y Shaw, 1994). Se puede estimar dependiendo de la disponibilidad de datos de dos maneras, una utilizando el valor de la tierra o el ingreso por cultivo como variables dependientes. El valor de la tierra es más representativo ya que el ingreso neto varía año tras año. Además como el cambio climático es un fenómeno de largo plazo sus efectos son mejor apreciados a partir del valor de la tierra. Mientras que el ingreso neto sería más apropiado para medir los efectos de las variaciones climáticas.

Formalmente el ingreso neto de la tierra es:

$$I = \sum p_i Q_i(m, z, x) - \sum w_x x \quad (2)$$

Donde p_i es el precio del cultivo, Q_i la producción de un determinado cultivo que depende de: m variables que afectan al cultivo, z las variables climáticas, x el insumo y w_x el precio del insumo x . Los productores eligen x para maximizar el ingreso neto de cada bien cultivado. El ingreso máximo obtenido es:

$$I^* = f(p_i t, m, z, w_x) \quad (3)$$

Con el resultado obtenido en (3) se calcula el valor de la tierra:

$$\int_0^{\infty} I^* e^{-rt} \quad (4) \text{ Lozanoff J. et al., (2005).}$$

Es decir, el valor presente del flujo de ingresos netos (r es la tasa de interés del mercado).

La ecuación (4) según Seo S.; et al., (2008) se puede representar econométricamente de acuerdo al siguiente esquema:

$$VT_t = \beta_0 + \sum \beta_i VC_t + \sum \beta_j VR_t + \mu_t \quad (5)$$

VT_t : Valor de la tierra. VC_t y VR_t : son vectores de variables climáticas (precipitaciones y temperatura) y variables socioeconómicas y características de los suelos en un periodo determinado respectivamente, β_0 intercepto, $\beta_{i,j}$: parámetros y μ_t : término de error. (Ordaz J.; et al., 2010)

Este modelo es utilizado con variables independientes al cuadrado que permiten ver las rentabilidades máximas ante variaciones de las variables como temperatura y precipitación, por ejemplo si aumenta la temperatura (T) el rendimiento marginal disminuye hasta alcanzar un valor que puede ser negativo. Entonces:

$$\frac{\partial VT}{\partial T} = \alpha_1 + 2\alpha_2 T + \alpha_3 P^2 \quad (6)$$

obteniendo un resultado similar si se realiza la misma derivada con respecto a las precipitaciones. (P)

El cambio del valor de la tierra en los distintos escenarios climáticos será: $\Delta VT = VT(C_1) - VT(C_0)$ si $\Delta VT < 0$ entonces hay efectos negativos del cambio climático sobre el valor de la tierra. El problema fundamental de este modelo es que sólo permite variar una variable exógena manteniendo el

supuesto de que el resto de las variables se mantienen constantes. Además no incluye variables que muestren los procesos de adaptación de los productores ni tampoco las modificaciones de los precios de los bienes producidos.

3.2.3.2 Estudios empíricos

Entre los ensayos empíricos realizados, se destaca el trabajo de Deschenes y Greenstone (2007), quienes estudian el impacto económico del cambio climático sobre los principales cultivos de Estados Unidos. El estudio utiliza el enfoque ricardiano partiendo de la metodología del trabajo de Schlenker et al. (2006) pero realizando algunos ajustes en el modelo de manera tal que la variable dependiente pasa a ser el beneficio de los agricultores en lugar del valor de la tierra.

El modelo utilizado por los autores fue:

$$BT_{rt} = \beta_0 + \sum \beta_i VC_{rt} + \sum \beta_j VR_{rt} + \alpha_r + \mu_t \quad (7)$$

Donde: BT_{rt} : Es el beneficio de la actividad agrícola por partido/región y periodo t. VC_{rt} : Vector de variables climáticas, por partido¹⁰/región y periodo (temperatura y las precipitaciones de diferentes meses del año). VR_{rt} : Vector de variables relevantes en la determinación del valor de la tierra (entre ellas: cantidad y tamaño de las parcelas, total de la tierra cultivable, valor promedio de la tierra, maquinaria y equipo. También consideraron los ingresos anuales, por acre y el total de los gastos. Los pagos al gobierno e indicadores de productividad del suelo como factor K, longitud de la pendiente, fracciones inundables, de arena, de arcilla, irrigada, permeabilidad, humedad etcétera. α_r : Efectos fijos por partido/región que absorben todos los factores específicos no observados por la variable dependiente. β_0 intercepto, $\beta_{i,j}$: parámetros y μ_t : término de error. (Deschenes O.; et al., 2007).

Los datos con los que realizaron las estimaciones, provinieron de los Censos de Agricultura de los años 1987, 1992, 1997 y 2002. Los referidos a calidad de suelos y estimaciones climáticas corresponden a un modelo que genera

¹⁰ En Deschenes O.; et al., (2007) county and state.

estimaciones de temperatura y precipitación en celdas de 4x4 kilómetros para la totalidad de los Estados Unidos.

El principal resultado del análisis, en base a proyecciones de largo plazo, es que el cambio climático tendría efectos positivos sobre las ganancias de los agricultores, estimadas en un aumento anual de los beneficios del orden del 4%. Tal incremento estaría explicado por el efecto positivo que genera las mayores concentraciones de dióxido de carbono sobre el rendimiento de los cultivos analizados (Miglietta, Magliago, Bindi, Cerio, Vacari, Loduca y Peresotti 1998). Además, el análisis indica que los aumentos previstos en la temperatura y las precipitaciones no tienen prácticamente ningún efecto en los rendimientos entre los cultivos más importantes (maíz y soja).

Entre las limitaciones del estudio Deschenes y Greenstone (2007) señalan que los cambios en el clima interrumpirán ecosistemas locales y alteraran la calidad del suelo. Ambos factores pueden afectar la productividad agrícola. Desde las fluctuaciones anuales es difícil prever los cambios que se pueden producir por la permanencia del cambio climático. Además el cambio climático afectará la producción agrícola mundial. Es razonable suponer que esto alterará los costos a largo plazo de la producción, y podría causar cambios en los precios relativos. Dado que las estimaciones se basan en fluctuaciones anuales y se ajustan para condados es poco probable que representen plenamente esta posibilidad.

Por último en el país donde realizan el estudio hay un complejo sistema de programas del gobierno que tienen impacto en los beneficios de la actividad agrícola y los valores de la tierra al afectar las decisiones de los productores sobre qué cultivos sembrar, la cantidad de tierra a usar, y el nivel de producción. Las estimaciones del trabajo serían diferentes si se realizaran con un conjunto de indicadores de las políticas de subsidios vigentes.

Ordaz et al., (2010) también utilizando el enfoque Ricardiano (método espacial) para evaluar el impacto del cambio climático sobre el valor de la tierra en Costa Rica, consideraron los datos sociodemográficos y económicos de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC- de Costa Rica en el mes de julio de 2006, toman como unidad de análisis a los hogares del país.

Utilizaron como variable dependiente el ingreso por alquiler de la propiedad recibido por los hogares rurales y como independientes a la temperatura media anual, las precipitaciones acumuladas anuales, los miembros mayores de 15 años en el hogar, el género, la edad y los años de escolaridad del jefe de hogar,

el número de habitaciones en la vivienda y el tipo de suelo (Acrisols, Cambisols, Gleysols, Nitosols, Luvisols, Andosols, Planosols). Con todos estos datos estimaron modelos por el método de MCO. Los resultados que obtuvieron muestran impactos considerables a un nivel de confianza bastante alto. En este sentido, se observa que el incremento de 1° C en la temperatura media implica una disminución de 0,5; 1,9 y 1,3 dólares bajo los modelos I, II y III, respectivamente¹¹. Es decir, existe evidencia para señalar un impacto negativo en el ingreso recibido por concepto de alquiler que va de medio dólar a cerca de dos dólares ante el incremento de una unidad en la temperatura media anual. Si se considera el promedio de los efectos marginales, el impacto sería de 1,3 dólares, lo que equivale a una disminución del 1,2% en los ingresos que provienen del alquiler de la propiedad, este decremento se agudiza si se observan los hogares rurales en los distintos deciles. En particular, para los hogares rurales que se encuentran en los primeros ocho deciles del ingreso por alquiler de la propiedad se estima una caída cercana al 2%. (Ordaz et al., 2010, p. 47).

Por último, para citar un caso local, Losanoff y Cap (2006) utilizaron el enfoque espacial en un estudio para Argentina a partir de los datos de una encuesta que se realizó entre octubre de 2004 a junio de 2005 a 402 productores, de distintas regiones agroclimáticas del país, con diferentes tamaños y priorizando en los pequeños productores familiares. Los datos del suelo fueron de bases regionales de la FAO y los climáticos de información satelital, aunque los valores de las precipitaciones utilizadas fue de estaciones meteorológicas cercanas al área en estudio. En este estudio la variable dependiente fue el ingreso neto por hectárea, que los autores consideraron como un reflejo (función) del valor de la hectárea incluyendo mejoras. Mientras que las independientes fueron las climáticas, edáficas y las ambientales, considerando la incidencia de estas variables para los productores pequeños y los comerciales. También analizaron la adopción del riego como mecanismo de adaptación al cambio climático.

Los autores demuestran la diferente influencia de las variables climáticas sobre cada estrato -productores pequeños y comerciales-¹². Observaron que la curva de valor de la tierra en función de las temperaturas presenta un óptimo a 15°C

¹¹ El modelo I, considera, además de las variables sociodemográficas, dos variables climáticas: temperatura media anual y precipitación acumulada anual. En el modelo II, se incorporan variables dummy de suelos, señalando el tipo de suelo que predomina en cada uno de los municipios de la muestra empleada. Por su parte, la especificación del modelo III, además de considerar las variables dummy de suelos, agrega términos cuadráticos para la temperatura media anual y la precipitación acumulada anual, así como una variable de interacción entre la precipitación acumulada y la temperatura media anual. (Ordaz et al., 2001, p. 47).

¹² Esta clasificación es realizada por los autores de acuerdo a la información obtenida en la encuesta.

para los productores mayores, en tanto que el mismo es a 17,5°C para los menores, lo cual parece indicar una mayor capacidad de los productores grandes a adaptarse al cambio climático, dado que su óptimo prácticamente refleja la temperatura media de la muestra.

Los investigadores plantean tres escenarios de cambio climático, en el primero, de condiciones leves, prácticamente no marca una tendencia de cambio en el valor de la tierra. El segundo escenario, de condiciones moderadamente severas para el cambio climático, presenta una tendencia decreciente para ambas submuestras (producciones pequeñas y comerciales). A finales del siglo XXI habría una reducción del valor del suelo del orden del 20%.

El tercer escenario, de condiciones severas de cambio climático, es el que muestra mayores tendencias de cambio, al final del siglo XXI, la reducción en el valor de la tierra sería del orden del 50%.

Respecto del riego como mecanismo de adaptación al cambio climático, Losanoff et al. (2006) observaron que el incremento de la temperatura conlleva una rápida adaptación al riego, en tanto que en el caso de las variaciones en la precipitación, una disminución de las mismas provoca una rápida adopción del riego, en tanto que un aumento disminuye levemente la probabilidad de adopción del riego.

Los autores concluyeron que existe una fuerte correlación entre el ingreso neto y las variables climáticas en especial con la temperatura invernal y las precipitaciones de verano. Sin embargo afirman que el problema fundamental de este modelo es que sólo permite variar una variable exógena manteniendo el supuesto de que el resto de las variables se mantienen constantes. Además no incluye variables explícitas que muestren los procesos de adaptación de los productores ni tampoco las modificaciones de los precios de los bienes producidos. No obstante, Lozanoff et al., (2006) afirman que la técnica ricardiana (de corte transversal) examina no sólo los efectos directos de los diferentes ambientes sobre las explotaciones sino también los indirectos provenientes de la adaptación del productor en el caso que el valor de la tierra incorpore en su valuación esa capacidad de adaptación.

Hasta este punto, en el presente capítulo de esta tesis se han analizado los métodos que han estudiado el impacto del cambio climático, fenómeno que produce cambios en los niveles promedio de determinadas variables climáticas en el largo plazo (30, 50, 100 años). En cambio la variabilidad climática está

vinculada a las desviaciones respecto a la media, y generalmente se refiere a períodos de análisis más cortos (20 años).

Estos últimas desviaciones son justamente las que más han afectado la producción agrícola de la región pampeana, generalmente vinculados con el aumento de la frecuencia e intensidad del fenómeno ENSO (Barros, 2015), por eso en el siguiente apartado se comentarán los modelos que han estudiado el efecto, sobre la producción del sector agrícola, de eventos climáticos fuera de los promedios esperados.

3.2.4 Enfoque de la variabilidad en los rendimientos

La producción agrícola se ve afectada por una combinación compleja de factores tales como el clima, las características del suelo, la calidad de las semillas y la tecnología utilizada por el productor. Sin embargo a pesar de la complejidad los rendimientos tienden a mostrar un aumento general con el tiempo que comúnmente se conoce como el rendimiento de tendencia (Tannura, et al, 2008). Entonces si se logra eliminar esa tendencia, las variaciones que presentarían los rendimientos tendrían relación con los fenómenos de variaciones extremas en el clima. Los estudios que observan esos movimientos se los ubican dentro de los enfoques de la variabilidad de los rendimientos de los cultivos en un periodo de tiempo.

En lo que sigue se comentará en primer lugar el estudio de Tannura, et al, (2008) que estima los rendimientos de tendencia y luego observa las desviaciones con el rendimiento real y si estas pueden ser explicadas por eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones. En segundo lugar se ubicó el trabajo de Beathgen y Carriquiry (2005) que compara el rendimiento real de cada campaña con el rendimiento de emergencia calculado por los autores. El tercer trabajo corresponde a Berterretche, Chiara e Isoldi (2013) quienes a partir de las estimaciones de los rendimientos sin tendencias establecen las campañas de producción con rendimientos por debajo de un cierto nivel. En cuarto término se ubica el estudio de Heinzenknecht (2011) quien analiza la probabilidad de obtener rendimientos bajos, normales y altos durante la ocurrencia de eventos El Niño y La Niña a escala estacional (primavera, verano, otoño e invierno). Por último el trabajo de Chimeli, De Assis De Souza Filho, Costa, Holanda y Petterini, donde desarrollan un modelo que predice el comportamiento del rendimiento del maíz en Caerá condicionado a los determinantes climáticos.

3.2.4.1 Estudios empíricos realizados

Para Tannura, et al, 2008, el clima y la tecnología son los determinantes básicos del rendimiento del maíz y la soja en la producción estadounidense. Hay consenso en que las lluvias de verano y la temperatura del aire tienen influencia en el rendimiento potencial, otros factores son importantes como la calidad del suelo, la fecha de siembra, enfermedades, insectos y la mejora tecnológica desde semillas fertilizantes y técnicas productivas. Expresa el autor que hay varios modelos para estimar la relación entre el clima, la tecnología y los rendimientos de los cultivos. El primer grupo se basa en evaluar directamente los efectos del clima y del suelo sobre la fisiología de las plantas. El problema de estos modelos es que tienen fundamentos de la biología y en datos experimentales que son altamente complejos y difíciles de generalizar para áreas agregadas tales como distritos o estados. Esto es una significativa limitación cuando el objetivo es predecir. A su vez tienden a excluir la influencia de los avances tecnológicos en el tiempo determinando un pobre poder explicativo. El segundo grupo de modelos consiste en un modelo de regresión múltiple que estima la relación del clima y la tecnología en el rendimiento de los cultivos. Una ventaja de este modelo es que capta ambos aspectos, clima y tecnología en la variación de los rendimientos en el tiempo. Los autores aplicaron este modelo a la zona maicera de los Estados Unidos que explican al menos el 94% y el 89% de la variación en el rendimiento del maíz y de la soja respectivamente de la zona estudiada.

El análisis de los resultados de las regresiones muestran que los rendimientos fueron reducidos por climas desfavorables en mucho más de lo que aumentaron cuando se produce un clima favorable. Además los investigadores afirman que la investigación proporciona una fuerte evidencia que la temperatura, las precipitaciones y una estimación lineal para representar la mejora aportada por la tecnología explica la mayor parte de la variación del rendimiento de la soja y el maíz en la zona maicera de los Estados Unidos. Un importante hallazgo de este estudio es que un clima benigno no puede ser dejado de lado como explicación de un alto rendimiento. El potencial impacto del clima sobre el sector agrícola es notable. Las predicciones basadas sobre la percepción de un incremento en la tecnología pueden conducir a una pobre predicción. En cambio condiciones climáticas desfavorables pueden conducir a inexplicables caídas en los rendimientos que dejarían a productores, participantes del mercado y

políticos preocupados, preguntándose cómo se produjeron tales caídas a pesar de los avances tecnológicos. (Tannura, et al, 2008)

Beathgen y Carriquiry (2005) en: “Caracterización de la variabilidad de rendimientos de cultivos agrícolas extensivos en Uruguay”, con el objetivo de dar información para los instrumentos de mercado como los seguros agrícolas que intentan manejar los riesgos de producción, desarrollaron el concepto de rendimientos catástrofe o de emergencia que a su vez les permitió calcular los recursos necesarios para cubrir las pérdidas en situaciones extremas o de catástrofes climáticas.

Por medio de una regresión lineal simple que según la opinión de los autores, es la mejor forma de eliminar la tendencia cuando no se dispone de gran cantidad de datos, estiman los rendimientos esperados de una muestra que contiene los rendimientos por hectárea de los distintos cultivos estudiados entre los años 1992/93 al 2004/05. Posteriormente calculan el desvío de los rendimientos con respecto a los estimados como:

$$DR = \left(\frac{Rend\ real - Rend\ est.}{Rend\ est.} \right) * 100. \quad (8)$$

Con el desvío estándar del rendimiento por hectárea de cada cultivo, obtienen el:

Desvío del rendimiento esperado (DRE) = Rendimiento estimado – 2 veces el desvío estándar de la muestra del rendimiento del cultivo determinado para cada año (t).

A continuación expresan el DRE como porcentaje del rendimiento estimado de la siguiente manera:

$$\text{Desvio del rendimiento esperado en \% (DRE\%)} = \frac{DRE}{Rend\ est.} * 100 \quad (9)$$

Realizan entonces el promedio de estos porcentajes con el que llegan al rendimiento de emergencia:

$$\text{Rendimiento de emergencia (R_emerg)} = \text{Rendimiento estimado} * \text{DRE\%}$$

Finalmente los autores hacen una estimación de los montos en Dólares por hectárea que hubieran sido necesarios para cubrir las diferencias de producción por debajo de los rendimientos de emergencia, así como también la forma en la que se puede implementar a través de los indicadores estimados un seguro agrícola.

En el trabajo realizado por Berterretche, Chiara e Isoldi, (2013) denominado: “Revisión, análisis y propuestas de metodologías para evaluar el impacto económico de eventos climáticos extremos sobre la actividad agrícola”, efectuaron una evaluación del impacto de los eventos climáticos extremos en la producción agropecuaria del Mercosur. Para lograr este cometido identificaron los eventos climáticos extremos que más afectan la producción agraria de los países del Mercosur, sintetizaron los métodos existentes para medir el impacto de un evento climático extremo sobre la producción y realizaron un ejemplo con el método elegido para un cultivo, en un área geográfica determinada en la que contaban con disponibilidad de registros climáticos históricos.

Las variables consideradas en el estudio son evatranspiración potencial y precipitaciones (datos diarios) de tres estaciones meteorológicas (Junín, Venado Tuerto y Pergamino) con las que calcularon las deficiencias hídricas y los rendimientos promedios por departamento del cultivo de soja entre los años 1970 y 2012.

Con los rendimientos de la soja en kilogramo por hectárea (kg/ha) de la producción del total del país construyeron por medio del método MCO los rendimientos esperados kg/ha de la soja nacional. Luego calcularon en forma porcentual el desvío medio nacional del rendimiento esperado.

$$\text{Desvio medio nacional} = \frac{\text{Rend. del año } j - \text{Rend est. del año } j}{\text{Rend. est. del año } j} * 100 \quad (10)$$

Posteriormente se le eliminó la tendencia a los valores correspondientes a los rendimientos de la soja, calculo que realizaron también a nivel departamental. Los autores comentan los resultados obtenidos para el partido de Pergamino, entre ellos muestran que en los años 1983, 1997 y 2009 obtienen las mayores diferencias negativas del desvío del rendimiento observado respecto al esperado, 33; 43 y 37% respectivamente. Además durante las décadas del 70 y 80 encuentran más desvíos negativos de rendimientos que en los otros períodos analizados (menores rendimientos que lo esperados).

Con los datos sin tendencia, calcularon su media y compararon los valores obtenidos con la diferencia entre el rendimiento observado y el rendimiento estimado más la media del rendimiento sin tendencia con uno y dos desvíos estándar los años 1997 y 2009 resultaron negativos nuevamente con -35 y -39% respectivamente. De acuerdo a la opinión de los autores con estos cálculos (desvíos respecto a la media sin tendencia) se pueden clasificar los eventos por su magnitud, de una forma objetiva y comparable a lo largo del tiempo, ya que

estos valores no contienen la tecnología aplicada. Además las frecuencias acumuladas de las deficiencias hídricas relativas durante el período crítico permiten establecer las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos y relacionarlos con las magnitudes de pérdida del rendimiento. (Berterretch, et al. (2013) p. 42). La última afirmación puede ser ejemplificada con el siguiente cuadro que resume los resultados de la estación de Pergamino.

Tabla 9. Resultados de la estación de Pergamino

Probabilidad de ocurrencia de eventos	Déficit hídrico relativo (%) en período crítico	% de pérdida de rendimiento respecto a la media sin tendencia	Año de ocurrencia
≤ 10	Más de 38	-47 a +8	1972 - 1986 - 1992 - 1994 - 1997 - 2004
≥ 10 y < 50	38 - 16	-50 a + 18	1974 - 1982 - 1983 - 1985 - 1987 a 1991 - 1993 - 1995 - 1996 - 1999 - 2002 - 2008 - 2009
≥ 50	Menos de 16	-14 a + 49	1973 - 1975 a 1981 - 1984 - 1998 - 2000 - 2001 - 2003 - 2005 a 2007 - 2010 a 2012

Fuente: Berterretche, et al. (2013) p. 38.

El siguiente trabajo que se comenta se desarrolló dentro del proyecto “riesgo y seguro agropecuario” – Etapa II, Heinzenknecht (2011) en Revisión, análisis y propuestas de metodologías para evaluar el impacto económico de eventos climáticos extremos sobre la actividad agrícola, analiza la probabilidad de obtener rendimientos bajos, normales y altos durante la ocurrencia de eventos

El Niño y La Niña a escala estacional (primavera, verano, otoño e invierno) para localidades con dato de precipitaciones en Argentina.

Las series históricas de rendimientos a nivel departamental estudiadas fueron de los cultivos de maíz, soja, girasol, trigo, sorgo y algodón. Dado que los cultivos y técnicas de manejo variaron considerablemente en los últimos años el autor tomó como período de análisis las campañas 1980-1981 (campaña 1981) a 2009-2010 (campaña 2010). También las tecnologías se han modificado en el lapso estudiado pero tomar un periodo más corto significaría no contar con suficientes casos de El Niño y sobre todo de La Niña.

El rendimiento por hectárea en cada departamento fue calculado como

$$R(\text{kg/ha}) = \text{Producción/Sup. sembrada (ha)}$$

Con estos valores de rendimientos el autor ajustó una función de tendencia por el método de MCO obteniendo los rendimientos esperados o los rendimientos tendencia (RT) con los que calculó la diferencia entre los verdaderos valores obtenidos (R) en las distintas cosechas y los estimados (DIF: R – RT) (11) y el porcentaje de rendimiento tendencia como

$$AP = \frac{DIF}{RT} .(12)$$

Para cada uno de los cultivos analizados se los clasificó en rendimientos altos bajos y normales a partir de los valores medios de los apartamientos positivos y negativos. Por ejemplo para la soja se consideró rendimientos bajos a los inferiores al -20% y altos a los mayores al +20%, el resto eran normales. Este resultado de cada una de las campañas era relacionado con la ocurrencia de fenómenos climáticos de El Niño, La Niña o ninguno de ellos, y luego era clasificado de acuerdo a lo establecido en el siguiente cuadro.

Tabla 10: Clasificación de las tendencias identificadas en los rendimientos

Tendencia a rendimientos	Cantidad de campañas
Altos	Con rinde algo $\geq 50\%$
Normales a altos	Con rinde normal entre el 50% y el 75%, pero los rindes altos son el doble o más que los bajos
Normales	Con rinde normal $> 75\%$
Normales a bajos	Con rinde normal entre el 50% y el 75%, pero los rindes bajos son el doble o más que los bajos
Bajos	Con rinde bajo $\geq 50\%$
Indefinido	No se identifica una tendencia predominante, ni a rindes altos, ni normales, ni bajos.

Fuente: Heinzenknecht (2011), p. 12.

Con los resultados obtenidos hicieron mapas por departamento y a nivel provincial de los distintos cultivos estudiados.

Por último el trabajo de Chimeli, De Assis De Souza Filho, Costa, Holanda y Petterini, “*Forecasting the impacts of climate variability: lessons from the rainfed corn market in Ceará, Brasil*” se considera que los shocks climáticos tienen significativos impactos económicos en muchas regiones del mundo especialmente en los países en desarrollo. En el trabajo se explora la relación entre los factores climáticos y el rendimiento del maíz en el estado de Ceará, Brasil. La producción de este cultivo es un indicador clave del estrés socioeconómico provocado por la sequía en Ceará y en la región semiárida de Brasil.

El objetivo del estudio fue desarrollar un modelo que prediga el comportamiento del rendimiento del maíz condicionado a los determinantes climáticos, sosteniendo que su estimación puede ayudar a la toma de decisiones políticas de mitigación de los efectos de los impactos del clima. Por ejemplo el pronóstico acertado de El Niño en 1997/1998 llevó al gobierno de Perú a solicitar un préstamo del Banco Mundial que le permitió al país tener una mejor respuesta a los impactos del evento registrado.

“El supuesto subyacente del estudio es que la comprensión de la conexión entre los impactos climáticos y su previsión puede ayudar a los hacedores de políticas a diseñar en forma más eficiente y

transparente sus gastos en políticas relativas a paliar los efectos climáticos”.

El trabajo se focaliza en el estado de Ceará no solamente porque tienen disponibilidad de datos para la región sino también porque ella puede considerarse representativa de la zona semiárida de Brasil y un buen laboratorio para el desarrollo de innovadoras políticas relativas a sequía.

Para cumplir con el objetivo estiman en primer lugar un modelo de ecuaciones simultáneas de oferta y demanda para el maíz de la región en estudio condicionado con el clima. De esta manera establecen la relación entre las fuerzas climáticas locales y su impacto identificando las principales variables que determinan el rendimiento y el precio del cultivo. Usaron las variables económicas combinadas con la ocurrencia de El Niño y la Niña durante Octubre-Noviembre y Diciembre y Noviembre-Diciembre-Enero trimestres anteriores a la temporada de la cosecha. Los resultados indicaron que los efectos del Océano Pacífico parecen ser más fuertes que los del Atlántico durante la época del año analizada. En segundo lugar usaron las variables identificadas en la primera etapa implementando un modelo de pronósticos semi-paramétrico para predecir sequías (definidas como pérdidas en el rendimiento) y la probabilidad de su ocurrencia de eventos extremos condicionada a determinantes climáticos.

La importancia del efecto del Océano Pacífico a pesar de encontrarse a muchas millas de distancia de la región semiárida de Brasil es notable. Un aumento de 0.6°C (1.08°F) de la temperatura promedio de la región de El Niño durante la temporada de lluvias en Ceará contribuye a una disminución del 18 por ciento en el rendimiento de maíz. El segundo conjunto de resultados muestra que el modelo prevé con éxito la variación extrema del rendimiento de maíz, prediciendo 8 de cada 10 sequías severas, definidas éstas como una disminución del rendimiento del cultivo de aproximadamente un desvío estándar o más de la media esperada, en el periodo de estudio que es entre 1949 al 2000. Al clasificar el rendimiento en tres categorías (bajo, medio, y alto) verifican el buen desempeño del modelo en el pronóstico en los dos extremos –bajo y alto-. Este podría también ser usado para medir el impacto económico de las precipitaciones extremas.

En resumen, en el trabajo se encuentran evidencias alentadoras acerca de que la información sobre las temperaturas de los océanos efectivamente se puede utilizar para la predicción de los impactos socioeconómicos de los eventos

extremos del clima. Y a pesar de que el marco de estudio es en función de mejorar la eficiencia del gasto público la lógica del análisis puede ser aplicable a cualquier toma de decisión en la que se deba poner atención a futuras variaciones climáticas.

3.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo se ha presentado una síntesis de los diversos enfoques - macroeconómico, agronómico, espacial y el de la variabilidad en los rendimientos- que se han utilizados para realizar mediciones del cambio y la variabilidad climática en el sector agropecuario.

Respecto al enfoque macroeconómico, se destaca que dicha metodología genera estimaciones en términos de PIB sectorial y en general en base a cambios climáticos de largo plazo, captados a través del coeficiente técnico del sector. La estimación de dicho coeficiente amerita una metodología en sí misma. En tanto, como fue mencionado, el enfoque requiere la especificación de un modelo económico teórico que permita fijar una restricción presupuestaria y esquema de optimización de los agentes. Se entiende que el método puede ser útil a los fines de medición del impacto del cambio climático, pero no tanto para eventos de riesgo climático dado que, *per se*, no incorpora el fenómeno de la variabilidad.

En tanto el análisis agronómico, no estima en forma directa el impacto económico, sino que el modelo calibra la incidencia de variables climatológicas sobre el rendimiento de los cultivos. Realizar una valuación económica en base a este enfoque resulta viable, pero también corresponde a impactos del cambio climático (largo plazo) y, en general, sobre una región geográfica bien especificada.

En cuanto la óptica espacial incorpora información respecto al valor de la tierra y mide el impacto en términos de la apreciación o depreciación de la misma frente al cambio climático, o bien en el beneficio de los agricultores (en alguna variante del modelo, como en el trabajo de Deschenes y Greenstone, 2007). No obstante, si bien también el horizonte es de largo plazo y tendencial, el modelo incorpora el supuesto de competencia perfecta y requiere un gran número de variables para su correcta especificación.

Por último, la perspectiva de la variabilidad permite captar los efectos de los cambios bruscos en los rendimientos por efectos climáticos, en general extremos. No analiza solamente la tendencia sino también la variabilidad, y el modelo resulta relativamente simple dado el nivel de información requerida para su estimación. El procedimiento consiste en estimar los rendimientos de tendencia de un cultivo compararlo con medidas que surgen de la media de los rendimientos esperados o sin tendencia o de la diferencia entre los rendimientos observados y los esperados con algún valor considerado medio o representativo. Una vez identificados las campañas que no cumplen con los parámetros fijados se verifica si en ese período se produjo algún evento climático extremo, como una sequía o un exceso hídrico, que afectaron los resultados obtenidos.

Vale destacar que en ninguno de los estudios citados se presentan valuaciones económicas, centrándose los últimos en el análisis de los desvíos respecto a la tendencia y los anteriores en el impacto del cambio climático en el rendimiento de los cultivos –enfoque estructural- o sobre el valor de la tierra –enfoque espacial-. Por eso el objetivo de esta tesis es proveer una estimación de las pérdidas de ingreso en la producción de diferentes cultivos en Argentina debido a la variabilidad climática. Estas valoraciones, si bien se referirán al pasado cercano, podrán ser proyectadas para el futuro y proporcionar información importante para planificar estrategias de adaptación para un problema corriente, que deberían ser adoptadas por los países en desarrollo dependientes de las exportaciones agrícolas como el caso estudiado.

Por lo tanto en el siguiente capítulo se desarrollará el modelo considerado para detectar las campañas con pérdidas en los rendimientos ocasionados por eventos climáticos extremos y se presentarán las pérdidas valuadas a un precio promedio relevante para cada uno de los rendimientos de los cultivos estudiados.

CUARTO CAPÍTULO

METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO

Dado que hasta el momento no existe un modelo confiable y estandarizado que produzca una estimación monetizada de la pérdida de ingresos en la producción agrícola debido al impacto de eventos climáticos extremos, en este capítulo se presentará el modelo desarrollado que permitirá detectar las campañas de cultivos con rendimientos observables por debajo de un cierto límite.

El modelo detecta desviaciones de los rendimientos que se contrastan con informes climáticos e índices que miden la deficiencia o el exceso de humedad en el suelo, con el fin de verificar que cada uno de los casos identificados coincida con algún evento climático extremo acaecido.

A su vez la estimación realizada permitirá reconstruir la producción teórica para cada año, en ausencia de variabilidad climática. Esto significa que las estimaciones construirán un escenario base o contrafactual desde el cual será posible medir la pérdida de producción y consecuentemente la pérdida de ingresos a los precios relevantes para cada cultivo.

Si bien las valuaciones se realizan sobre hechos pasados, son relevantes ya que hasta el momento no se cuenta con estimaciones a nivel total del país ni por departamento de las pérdidas de ingresos generadas en el pasado reciente. Además dado que los eventos ya ocurrieron, no se necesita proyectar variables climáticas ni precios. De esta forma, se puede proveer una referencia cierta del orden de magnitud de las pérdidas económicas, necesarias para responder a cuestiones tales como si el problema es local o macroeconómico, público o privado y consecuentemente si se fundamenta la inversión en medidas de adaptación (Thomasz, et al 2017, pág. 26)

Los detalles del proceso se describen en el cuerpo del capítulo. Con respecto a los resultados, en primer lugar se presentan los obtenidos con la muestra correspondiente al total del país y en segunda instancia, a nivel provincial, calculados a partir de la suma de los valores de las pérdidas correspondientes a cada departamento, tanto de los eventos extremos de sequías como de excesos hídricos.

También se explicitan al final del capítulo las proyecciones realizadas y por último algunos comentarios correspondientes a las limitaciones del modelo.

4.1 METODOLOGÍA

4.1.1 Etapas del proceso metodológico para obtener la valuación económica

Dado que el objetivo de este estudio es la valuación económica del riesgo climático -concepto asociado a variabilidad climática- en el sector agrícola, se aplicará una metodología que toma como referencia variaciones en los rendimientos de los cultivos elegidos. Este enfoque es el que más se ajusta al concepto del riesgo, en virtud que incorpora variabilidad (y por lo tanto eventos extremos) así como la tendencia.

Por lo tanto para estimar la pérdida de ingresos en la producción de granos se usó un modelo de tendencia lineal. Este tipo de estimación fue elegida por dos razones, primero según Irwin y Godd (2015) una estimación de tipo logarítmica podría expandir a través del tiempo el rango de la desviación de los rendimientos en toneladas, situación que no se verifica empíricamente. Además el cambio porcentual de los rendimientos disminuye a medida que pasa el tiempo propiedad que es reflejada correctamente por el modelo de tendencia lineal. Esto último es históricamente consistente con el rendimiento promedio de la soja en los Estados Unidos (Irwin et al, 2008; Irwin y Good, 2015). En segundo lugar según bases empíricas en Thomasz et al (2015) fue corroborado que el modelo lineal identifica todos los casos de sequías producidos durante el período comprendido entre los años 1990 al 2015 en el cultivo de la soja mientras que el modelo logarítmico omite dos casos.

Una vez realizada la estimación de los rendimientos sin tendencia se calculó la desviación estándar de la diferencia entre el rendimiento observado y el estimado con el fin de definir como rendimiento afectado por un evento climático extremo aquel que excede el límite de una desviación estándar. Como el objetivo del estudio es valorar las pérdidas económicas fueron solo analizados los casos negativos.

El paso siguiente fue relacionar las desviaciones extremas de rendimientos con eventos climáticos extremos. Para ello se han utilizado el índice de Palmer y la

información proveniente del panorama agrícola semanal de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires que indican en forma detallada por cultivo como se desarrolla la siembra, la cosecha y los rendimientos conjuntamente con las condiciones climáticas que se producen en el proceso de la producción de cada uno de los cultivos. Es decir, los años con desviaciones extremas identificados son comparados con el índice y la información recabada en los informes en los momentos críticos del cultivo.

Si se produjeron niveles de sequía altos o inundaciones se consideró que la desviación extrema de los rendimientos se debió a la escasez de agua y/o excesos hídricos, si el resultado no es corroborado con la información proveniente de las fuentes consultadas, es considerado como un error del modelo. Dado que la metodología utilizada se avoca exclusivamente a eventos extremos fueron escasas o inexistentes las campañas de bajos rendimientos por eventos de sequía o excesos hídricos no capturados por el modelo.

Al identificar un caso de pérdida de rendimiento el siguiente paso fue estimar su impacto en la producción para lo cual se utilizaron dos cotas diferentes, una fue a partir del rendimiento tendencia más una desviación estándar (ya que se consideró que están dentro de ese intervalo los rendimientos que se pueden obtener con condiciones climáticas normales) y la otra fue calcular la producción a partir de la diferencia entre el rendimiento de tendencia y el rendimiento observado.

Una vez obtenida la producción teórica fue multiplicada por los precios estimados para de esa manera obtener un valor de la caída en los ingresos producto del evento climático extremo.

En cuanto a los precios en el caso de la soja se utilizó el precio promedio anual internacional de la soja pues se considera que la producción Argentina de este *commodity* no afecta al precio internacional el que mayormente varía en función de los stocks de los Estados Unidos. Esta es otra de las razones que resaltan la importancia de conocer el valor monetario de las pérdidas de cantidades, ya que las mismas no se compensan con un aumento de precios producto de la baja en la producción como sucede en otros mercados de bienes. (Thomasz, et al 2017, pág. 31).

4.1.2 La metodología en ecuaciones

Con el rendimiento observado (Producción total en toneladas dividida por las hectáreas totales de la superficie cosechada) y por medio de un modelo lineal se estimaron dos parámetros.

β_0 : ordenada al origen de la recta de regresión

β_1 : pendiente de la recta de regresión.

Estos valores permitieron calcular el rendimiento estimado sin tendencia para cada año:

$$\widehat{R}_t = \beta_0 + \beta_1 * t \quad (13)$$

Donde t es tiempo entre $t = 1$ y $t = n$.

Posteriormente se construyó la serie formado por la diferencia entre el rendimiento observado - R_t - y el rendimiento estimado - \widehat{R}_t - denominado: R_t^s

$$R_t^s = R_t - \widehat{R}_t \quad (14)$$

A la serie formada por esta diferencia (rendimiento sin tendencia) que para algunos años es positiva y para otros negativa y representa la variabilidad del rendimiento explicable por razones climáticas, con el fin de establecer un límite para definir los rendimientos normales de los rendimientos extremos se calculó el desvío estándar: σR_t^s .

A partir de este último valor el R_t^s se clasificó de la siguiente manera:

$$R_t^s = \begin{cases} 1 & \text{si } R_t^s < -\sigma R_t^s \\ 0 & \text{si } R_t^s > -\sigma R_t^s \end{cases} \quad (15)$$

El valor de $R_t^s < -\sigma R_t^s$ son potenciales casos de rendimientos afectados por shocks climáticos los que son contrastados con algún indicador climático siendo definidas estas desviaciones negativas como: $R_t^s e$

La estimación de la pérdida de rendimiento fue calculada dos maneras, la primera: R_t^{ne} como la diferencia entre el rendimiento estimado - R_t -, $R_t^s e$ y la

desviación standard límite y la segunda: R_t^{me} como la diferencia entre el estimado y $R_t^s e$. Así los rendimientos con variabilidades normales son:

$$R_t^{ne} = R_t - [R_t^s e + (-\sigma R_t^s)] \quad (16)$$

$$R_t^{me} = R_t - R_t^s e \quad (17)$$

Con los R_t^{ne} y R_t^{me} se estimó dos niveles de producción como:

$$Q_t^{ne} = \frac{R_t^{ne} * Q_t}{R_t} \quad \text{y} \quad Q_t^{me} = \frac{R_t^{me} * Q_t}{R_t} \quad (18)$$

Siendo Q_t la producción observada en cada uno de los años de la serie utilizada.

Con Q_t^{ne} y Q_t^{me} se calculó la pérdida de producción $-PQ_t$ - por efecto de un evento climático extremo como:

$$PQ_t = Q_t^{ne} - Q_t \quad \text{o} \quad PQ_t = Q_t^{me} - Q_t \quad (19)$$

Por último se estimó el valor económico de la pérdida en la producción $-VPQ_t$ - como consecuencia de un evento climático extremo:

$$VPQ_t = PQ_t * P_t^i \quad (20)$$

Siendo P_t^i el precio del cultivo cuya pérdida de ingresos se está calculando en el momento t .

En los próximos apartados se muestran los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología explicitada al cultivo de soja en distintos niveles, total país y total provincial calculado a partir de estimaciones realizadas por partido.

4.2 RESULTADOS

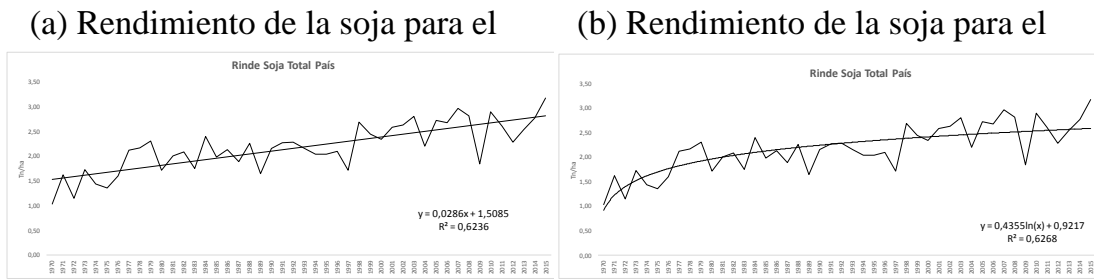
4.2.1 Estimación de la pérdida económica de producción en el cultivo de soja a nivel del total del país

El caso de estudio analizado en este apartado es la pérdida de producción y su valor monetario del poroto de soja en Argentina, como consecuencia de un evento climático extremo. Este cultivo representa el principal producto agrícola sembrado y exportado del país, concentrando el 75% del valor de la producción de granos y el 22% de las exportaciones totales de Argentina. El área bajo estudio en la campaña 2014/15 fue de 19,33 millones de hectáreas implantadas,

mayormente de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. El valor bruto de producción de dicha campaña ascendió a u\$s 21.327 millones.

Para el análisis se relevó información de superficie cosechada, producción, rendimiento¹³ y precio internacional desde la campaña 1969/70 hasta la campaña 2014/2015. En base a los rendimientos anuales por hectárea que se construyeron a partir de la producción anual por hectárea dividida por la superficie total cosechada, se realizaron los análisis correspondientes. A continuación se presentan los resultados preliminares de los modelos estimados en base al ajuste lineal y logarítmico. (Thomasz, et al 2015).

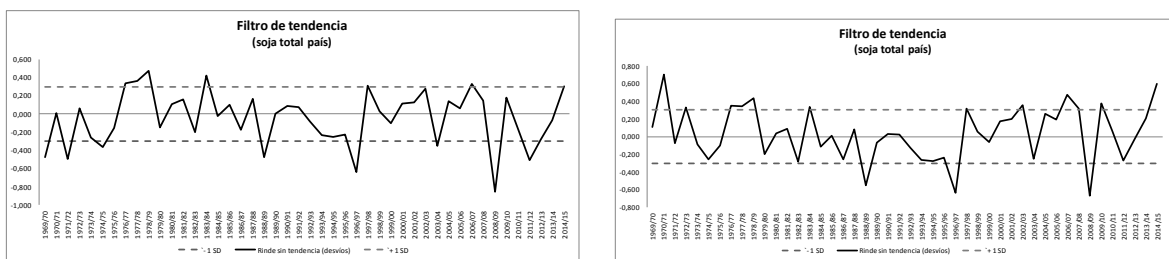
Figura 1: Rinde histórico y tendencia



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1-a se presenta el ajuste tendencial del modelo lineal, mientras que en la figura 2-b muestra la tendencia logarítmica.

Figura 2: Identificación de eventos extremos



Fuente: Elaboración propia.

¹³ Información provista por el Ministerio de Agroindustria. Obtenida en la siguiente dirección: <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset?organization=subse-agricultura&groups=produccion-agroindustrial>

En primera instancia, si bien ambos modelos generan una serie de desvíos semejante, el modelo lineal, como ya se dijo, es el que mejor identifica los casos de sequía de acuerdo a la metodología planteada, captando los eventos de 1989, 1997, 2003, 2008 y 2011. Vale destacar que tales años son coincidentes con eventos de sequía, de acuerdo a lo considerado en Ravelo *et al.*, 2014, Ravelo y Pascale, 1997, Scarpati y Capriolo, 2013, Minetti et al., 2007, y los valores relevados mediante el índice de Palmer. Por su parte, el modelo logarítmico omite los eventos de 1989 y 2011, motivo por el cual se opta por realizar las valuaciones con el modelo lineal¹⁴.

La correspondencia de los eventos identificados con situaciones de sequías puede corroborarse también en el anexo 2 donde se presenta el índice de Palmer para los eventos de 2004, 2009 y 2012. En tanto, en 1989 y 1997 se registraron precipitaciones mensuales y anuales muy inferiores a los valores medios, al menos en la Provincia de Buenos Aires, siendo el evento de 1997 catalogado como sequía grave en dicha provincia (Scarpati y Capriolo, 2013). En el caso de la campaña 1988/89, la sequía afectó mayormente a la provincia de Córdoba (Ravelo y Pascale, 1997). En tanto, Minetti et al. (2007) también identifican a la campaña 1988/89 como de sequía importante en la pampa húmeda.

En síntesis, se verifica que todos los casos identificados por el modelo se condicen con eventos de sequías de moderada a alta intensidad, siendo los eventos de 1996/97 y 2008/09 los más relevantes. En la tabla siguiente se presenta la desviación relativa del evento (la distancia en términos porcentuales entre el rendimiento observado y la cota de desviación estándar establecida como límite) y la clasificación del evento en base a fuentes secundarias y el índice de Palmer.

¹⁴ En Tanura *et al.* (2008) puede encontrarse una fundamentación del uso del modelo lineal en detrimento del logarítmico para proyectar la evolución de los rendimientos de la soja.

Tabla 11: Estimación de pérdidas de cultivo de soja por eventos de sequía
-Diferencia respecto a la desviación estándar en millones de dólares-

Campaña	Desviación relativa	Clasificación de la sequía
1988/89	60,9%	s/d
1996/97	115,3%	Grave (Scarpati y Capriolo, 2013)
2003/04	18,6%	Incipiente/moderada (Índice de Palmer)
2008/09	188,5%	Extrema (Índice de Palmer)
2011/12	71,0%	Severa (Índice de Palmer)

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo confirmado que los casos de caídas extremas en los rindes se condicen con situaciones de sequía, se procedió a valorar el impacto de dicha caída en términos de pérdida económica de producción. Sobre la base de la serie simulada que resulta de la aplicación del filtro lineal, el volumen de producción tendencial en ausencia de extremos, la cota de desviación estándar y el precio internacional promedio de cada campaña.

4.2.1.2 Resultados

Tabla 12: Estimación de pérdidas de cultivo de soja por eventos de sequía en
millones de dólares.

-Diferencia respecto a la desviación estándar en millones de dólares-

Año	Valor (en dólares corrientes)	Valor (en dólares actualizados de 2016)
1989	174,7	503,7
1997	611,3	1.287,9
2003	217,4	3.620,0
2008	3.535,4	4.838,4
2011	1.982,8	2.412,4
Total	6.521,0	9.404,4

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la base de la serie simulada que resulta de la aplicación del filtro lineal, el volumen de producción tendencial en ausencia de extremos, la cota de desviación estándar y el precio internacional de cada campaña, las pérdidas totales en la producción de soja por eventos de sequía, bajo la metodología de eventos extremos, son de u\$s 6.521 millones desde 1989 a valores corrientes, monto que asciende a u\$s 9.404,45 millones si se actualizan los valores a 2016 aplicando un interés técnico del 4% efectivo anual. El evento de mayor significancia es la campaña del 2008 con una pérdida estimada en u\$s 3.535,4 millones en ese año, que equivalen financieramente a u\$s 4.838,44 millones de 2016.

Vale destacar que esta valuación está midiendo la magnitud del evento extremo medido respecto a la variabilidad promedio, de acuerdo lo establecido en la metodología. Si las valuaciones se realizan respecto al rinde tendencial, el valor de la pérdida representa la variabilidad total. Esta estimación se presenta en la tabla 2.

Tabla 13: Estimación de pérdidas de cultivo de soja por eventos de sequía
Diferencia respecto a la media en millones de dólares

Año	Valor (en dólares corrientes)	Valor (en dólares actualizados de 2016)
1989	461,7	1.331,3
1997	1.141,5	2.405,0
2003	1.387,1	2.309,6
2008	5.410,9	7.405,2
2011	4.776,1	5.810,9
Total	11.790,3	19.262,0

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, la valuación de la pérdida por los eventos de sequía medida respecto al rendimiento tendencial asciende, en las campañas identificadas por el modelo, a un total de u\$s 11.790,3 millones a valores corrientes, que equivalen a u\$s 19.262,0 millones de 2016.

En la tabla 14 se contrastan los resultados de ambos enfoques, que pueden ser tomados como cotas mínimas y máximas para estimar la valuación económica

correspondiente, diferenciando entre eventos extremos y la variabilidad natural de los rendimientos (generado en ambos casos por eventos climáticos).

Tabla 14: Resumen de resultados en millones dólares corrientes

Año	Extremo	Desviación total
1989	174,7	461,7
1997	611,3	1.141,5
2003	217,4	1.387,1
2008	3.535,4	5.410,9
2011	1.982,8	4.776,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resumen de resultados en millones de dólares de 2016

Año	Extremo	Desviación total
1989	503,7	1.331,3
1997	1.287,9	2.405,0
2003	362,0	2.309,6
2008	4.838,4	7.405,2
2011	2.412,4	5.810,9
Total	9.404,0	19.262,0

Fuente: Elaboración propia.

Según la información aportada por la tabla 15 y aplicando el enfoque de pérdida de producción, y sobre los valores actualizados a 2016, se estimó una pérdida total de u\$s 9.404 millones en 5 campañas desde 1989, y de u\$s 7.612 millones en tres campañas desde 2003. En este último caso representa una pérdida promedio equivalente anual de u\$s 585,6 millones.

Las estimaciones presentadas en este apartado son en forma agregado y no contemplan la disparidad de rendimientos a nivel de provincia y/o localidad, no solamente acaecidos por las diferencias en la productividad de la tierra sino también por el diferente nivel de tecnología aplicado en cada región.

Por ello a continuación se mostrará la estimación realizada a nivel de partido de las provincias que concentran la mayor parte de la producción nacional de soja. Si bien los resultados obtenidos como suma de las pérdidas a nivel departamental no son comparables con los obtenidos a partir de los datos del

total del país, pues solo se consideraron tres provincias –Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe- revisten relevancia en los procesos de proyección que permitirán estimar la magnitud de las pérdidas futuras por eventos climáticos extremos.

La magnitud de las pérdidas futuras, que no es estimada en esta tesis, es de fundamental importancia para determinar la viabilidad económico-financiera de la inversión en infraestructura de adaptación a los eventos extremos.

4.2.2 Estimación de la pérdida económica de producción a nivel provincial en el cultivo de soja¹⁵

Los valores utilizados en las siguientes estimaciones corresponden a la producción de soja de 80 partidos de las tres provincias agrícolas más importantes de Argentina: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.

- Buenos Aires: 45 partidos, que concentraron en la campaña 2014/15 aproximadamente el 90% de la producción total de soja de la provincia.
- Córdoba: 17 partidos, que produjeron en la campaña 2014/15 el 99% de la producción total de soja de la provincia.
- Santa Fe: 18 partidos, que representan el 100% de la producción total de soja en la campaña 2014/15.

La muestra representa un área geográfica de 15 millones de hectáreas cosechadas las cuales tienen una producción de alrededor de 50 millones de toneladas de soja, que representan el 81% del total de la producción de soja de Argentina. La muestra para cada partido contiene información desde 1970 a 2015 de área sembrada, cosechada y producción.

En cuanto a la información climática, se utilizó el índice de sequía de Palmer conjuntamente con la información aportada semanalmente por los informes de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. En cuanto al índice utiliza datos de temperatura y precipitación fácilmente disponibles para estimar la sequedad relativa y sólo se tomaron en cuenta los valores del índice del mes de enero

¹⁵ En el anexo 1 se muestran los resultados de la aplicación del modelo al cultivo de trigo.

correspondiente al período crítico del cultivo según la información aportada por la Oficina de Riesgos Agrícolas (ORA) de Argentina¹⁶.

Se aplicó la metodología a cada uno de los 80 partidos de la muestra, proporcionando 80 modelos de regresión diferentes. Debe señalarse que en todos los casos el coeficiente de la tendencia lineal ajustada fue estadísticamente significativo, información presentada en la tabla 29 del anexo 1.

A pesar de que la muestra comenzó en 1970, sólo se presentan los resultados desde finales de la década del 80 debido a la importancia económica que fue adquiriendo la producción de la soja en la economía Argentina a partir de ese período.

La desviación absoluta de los rendimientos actuales de los de tendencia se calcula para identificar las desviaciones extremas, las que se definen como aquellas que exceden el límite de una desviación estándar. Como ya se comentó el objetivo de este estudio es valorar la pérdida de producción, por lo tanto sólo se analizaron los casos negativos.

De esta manera se obtiene que la campaña más afectada por la sequía fue la del 2008/09, en la cual el 86% de los partidos que conforman la muestra -69 de los 80- tuvieron rendimientos por debajo de cota fijada por la estimación. En la campaña de 2011/12, 76% de los partidos de la provincia de Córdoba -13 de 17- y el 56% de los partidos de la provincia de Santa Fé -10 de los 18. Estos resultados que representan el porcentaje de partidos por provincia que experimentan disminuciones extremas en sus rendimientos se presentan en la siguiente tabla.

¹⁶ En el anexo se 4 se muestran los gráficos que indican los períodos críticos del cultivo de soja.

Tabla 16: Porcentaje de partidos con decrecimientos extremos en sus rendimientos de soja

Campaña	Buenos		
	Aires	Córdoba	Santa Fé
1988/89	11%	56%	67%
1989/90	0%	0%	0%
1990/91	11%	6%	0%
1991/92	9%	6%	0%
1992/93	44%	0%	0%
1993/94	44%	18%	0%
1994/95	40%	47%	6%
1995/96	58%	18%	11%
1996/97	31%	59%	61%
1997/98	7%	0%	0%
1998/99	7%	12%	11%
1999/00	47%	6%	28%
2000/01	9%	0%	0%
2001/02	0%	0%	6%
2002/03	9%	12%	0%
2003/04	4%	53%	22%
2004/05	0%	12%	11%
2005/06	0%	0%	11%
2006/07	2%	0%	0%
2007/08	7%	0%	22%
2008/09	98%	59%	83%
2009/10	0%	18%	0%
2010/11	7%	18%	0%
2011/12	13%	76%	56%
2012/13	0%	41%	0%
2013/14	11%	0%	6%
2014/15	7%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Para las estimaciones por provincia, obtenidas a partir de la agregación de los resultados por partido, se tomaron en cuenta solamente las campañas con al menos una provincia con más del 50 % de sus partidos con experiencias de decrecimientos extremos en sus rendimientos. Según los resultados, estos son los casos de las campañas 1988/89, 1995/96, 1996/97, 2003/04, 2008/09 y 2011/12. Estos años son consistentes con casos extremos de sequía de acuerdo con los valores del índice de sequía de Palmer para el área, cuyos mapas se

presentan en el anexo 2 y la información proveniente de los informes semanales y los números estadísticos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires que se comenta a continuación.

- 1988/89 Durante esta campaña todas las provincias que integran la pradera pampeana incrementaron sus áreas sembradas con respecto a la campaña anterior, el quinquenio y el decenio. Sin embargo el área cosechada solo representó el 84,3% del área sembrada debido a las pérdidas que se produjeron como consecuencia de la falta de lluvias durante todo el ciclo del cultivo. Las provincias más afectadas fueron Santa Fe y Córdoba (tal cual se refleja en el modelo aplicado en este estudio) donde se registraron pérdidas del área cosechada del 11% y 18% respectivamente. (Tabla 35 anexo 3) No pasó lo mismo con la provincia de Buenos Aires donde las condiciones climáticas no afectaron pronunciadamente al cultivo. En el caso del rendimiento se registró una caída promedio para el total del país del 29 % si se lo compara con la de 1987/88. Esta baja se debió al déficit hídrico que estuvo acompañado de altas temperaturas, fuertes insolaciones, vientos desecantes, en algunos casos granizo y ataque de plagas. (Número estadístico 1989, Bolsa de Cereales de Buenos Aires).

- 1995/1996. En esta campaña la productividad por hectárea cosechada disminuyó en Santa Fe y Buenos Aires, siendo las malas condiciones climáticas (falta de humedad) las responsables de esta baja. La sequía estuvo presente durante todo el período de siembra (noviembre y diciembre) culminándose esta en los primeros días de enero, que también se presentó con escasas de lluvias. Las hectáreas cubiertas crecieron en Santa Fe y Córdoba (3,4% y 7,2% respectivamente) mientras que en Buenos Aires se redujeron un 5% con respecto a la campaña anterior. La falta de lluvia y la elevada temperatura causaron problemas en el cultivo que se realizó durante la segunda siembra (febrero y marzo). En el núcleo sojero de la provincia de Buenos Aires se produjo una baja productividad en la soja de segunda. El rendimiento promedio del total del país fue muy bueno resultando un 3,7 % superior a la campaña 1994/195, sin embargo las cifras desagregadas muestran una caída en la provincia de Buenos Aires de un 9% en la producción y un 3% en el rendimiento. (Número estadístico 1996, Bolsa de Cereales de Buenos Aires).

- 2003/04. En este ciclo de la soja, la superficie sembrada creció en 15% con respecto a la campaña anterior, una de las razones de este incremento fue que el déficit hídrico no permitió que se sembrara maíz y girasol determinando que las zonas que se iban a dedicar a estos cultivos se siembren con soja lo que determinó el alto crecimiento mencionado. Ahora bien, a partir de mediados del mes de enero, cuando se terminó el período de siembra se desarrolló un periodo de sequía, altas temperaturas diurnas y más bajas que las normales en las noches. Esta situación climática afectó notablemente el crecimiento y desarrollo de los cultivos especialmente los de segunda ocupación, aunque también los de primera. Como consecuencia de las condiciones meteorológicas, bajaron los rendimientos y afectaron la relación superficie cosechada/sembrada ya que se abandonaron los lotes afectados por el clima.
La productividad total del país cayó fundamentalmente por la mala performance que se registró en el norte de Santa Fe y en el centro norte de Córdoba.
En síntesis la caída de la producción fue de 10,6 % para Santa Fe, primera productora nacional de soja, mientras que en la provincia de Córdoba, segunda productora nacional, la caída fue del 15%. En Buenos Aires esta variable creció un 10 % debido a que se amplió la superficie sembrada ya que el rendimiento disminuyó en 14 %. Estas tres provincias produjeron el 80,4 % de la producción del total del país. (Número estadístico 2003/2004, Bolsa de Cereales de Buenos Aires y tabla 35 - anexo 3).

- En la campaña de 2008/09 la producción y los rendimientos de la soja fueron de 33% y 34,5% respectivamente inferiores a los de la campaña anterior. Estos resultados se debieron a que todo el período de desarrollo del cultivo estuvo acompañado de precipitaciones ausentes y altas temperaturas que afectaron principalmente las etapas de floración, formación de vainas y llenado de granos. A raíz de las perspectivas de escasos rindes mucha superficie sembrada no fue cosechada. Para ilustrar esta situación las cifras a nivel provincial indican que el rendimiento con respecto al período anterior en la provincia de Buenos Aires cayó un 50%, en Córdoba un 20% y 28% en Santa Fe. (Número estadístico 2008/2009, Bolsa de Cereales de Buenos Aires y tabla 35 anexo 3).

- En 2011/12 el rendimiento del período a nivel total país fue 12,5 % menor con respecto a la campaña anterior y la caída de la producción representó una baja del 18%, también comparada con los resultados de la 2010/11. En el mes de diciembre no se produjeron lluvias lo que determinó demoras en la siembra de segunda y daños en el desarrollo del cultivo plantado, como bajo crecimiento y acartuchamiento de las hojas. Si bien se produjeron precipitaciones a partir de mediados de enero y durante el mes de febrero, estas no lograron cambiar la situación en la que se encontraban las plantaciones, lo que sí se logró es que no continuaran perdiéndose las que habían alcanzado un desarrollo adecuado. La superficie perdida fue de alrededor de un millón de hectáreas, semejante a lo que pasó durante la campaña 2008/09. En síntesis la sequía del verano provocó caídas en el rendimiento en el centro norte de la provincia de Córdoba, alcanzando la disminución de un 17% a nivel provincial, en la provincia de Santa Fe con una caída de este indicador del 14 % complementado estos descensos con un menor peso del grano de la soja de segunda producto de los excesos hídricos en sectores de la provincia de Buenos Aires. (Número estadístico 2011/2012, Bolsa de Cereales de Buenos Aires y tabla 35 - anexo 3).

Es decir que en todos los años que el modelo detecta pérdidas extremas de los rendimientos, en cada una de las provincias que componen el universo analizado en este estudio, coinciden con situaciones climáticas adversas, en general, asociadas a situaciones de sequías en algunos casos extremas como las del año 1996 y 2008. En el próximo apartado se mostrará la valuación económica de lo que se dejó de percibir como consecuencia de la disminución de la producción.

4.2.2.1 Resultados

La tabla siguiente contiene las pérdidas totales en la producción de soja por eventos de sequías, de acuerdo a la metodología de eventos extremos y la cota de desviación estándar calculada como la suma de las pérdidas de los partidos considerados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. Este monto asciende a un total de u\$s 4.057,5 millones a valores corrientes y u\$s 6.250,7 millones, valor actualizado al año 2016.

Tabla 17: Estimación de pérdidas de cultivo de soja por eventos de sequía
-Diferencia respecto a la desviación estándar- En millones de dólares
corrientes y actualizados de 2016

Año	Buenos Aires		Córdoba		Santa fe	
	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)
1989	3,88	11,19	38,85	112,02	91,67	264,32
1996	61,90	154,45	11,10	27,70	28,71	71,63
1997	79,68	167,87	210,15	442,75	346,67	730,38
2004	3,40	5,66	132,76	221,05	42,38	70,57
2009	1.484,70	2.031,91	225,09	308,05	354,03	484,51
2012	53,60	65,21	663,15	806,82	225,73	274,64
Total	1.687,18	2.436,30	1.281,11	1.918,40	1.089,19	1.896,05

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 17 la pérdida económica por sequía en dólares de 2016 es de u\$s 2.436,3 millones para la provincia de Buenos Aires (39% del total) de u\$s 1.918,4 millones para Córdoba (31% del total) y u\$s 1.896,05 millones para Santa Fe (30% del total).

En cambio si las valuaciones se realizan respecto al rinde de tendencia, el valor de la pérdida representa la variabilidad total, y nuevamente a partir de la suma de las pérdidas de cada uno de los partidos que conforman la muestra para cada una de las provincias, dichos valores se presentan a continuación:

Tabla 18: Estimación de pérdidas de cultivo de soja por eventos de sequía
-Diferencia respecto a la media- En millones de dólares corrientes y
actualizados a 2016

Año	Buenos Aires		Córdoba		Santa Fe	
	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)
1989	34,33	98,99	138,71	399,95	215,53	621,45
1996	151,80	378,76	50,93	127,08	107,00	266,98
1997	210,45	443,39	390,62	822,98	561,85	1.183,73
2004	6,58	10,96	62,63	104,28	-	-
2009	2.093,51	2.865,11	734,32	1.004,97	727,51	995,65
2012	229,60	279,34	1.782,11	2.168,21	577,83	703,02
Total	2.726,27	4.076,54	3.159,32	4.627,46	2.189,72	3.770,82

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 18 surge que la pérdida de las tres provincias en millones de dólares de 2016 es u\$s 12.474 millones de los cuales el 33% corresponde a la provincia de Buenos Aires, el 37% y el 30% a las provincias de Córdoba y Santa Fe, respectivamente. En estos resultados sobresale el impacto de las sequías en la provincia de Córdoba que fue la que registró la mayor pérdida entre las tres, en la campaña 2011/12.

Por lo tanto, las pérdidas totales de ingresos más importantes, de acuerdo a ambas cotas, corresponden a los años 1997, 2009 y 2012 las que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 19: Pérdidas de ingresos en los años 1997, 2009 y 2012 en millones de dólares corrientes, según cota desvío estándar y media

Año/Provincia	1997		2009		2012	
	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	Media
Buenos Aires	79,68	210,45	1484,7	2093,5	53,6	229,6
Córdoba	210,15	390,62	225,09	734,32	663,15	1782,1
Santa Fe	346,67	561,85	354,03	727,51	223,7	577,83
Total	636,5	1.162,92	2.063,82	3.555,33	940,45	2.589,53

Nuevamente se destaca la pérdida producida por el evento de sequía correspondiente al año 2009, tanto en términos del desvío estándar como por la media. Si se calcula la pérdida total es decir, la suma correspondiente a los años 1997, 2009 y 2012 se obtiene los resultados a valores corrientes se muestran a continuación:

Tabla 20: Pérdida total en millones de dólares corrientes y actualizados de 2016 según cotas. Años 1997, 2009 y 2012

Año	Desvío estándar		Media	
	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)	(En dólares corrientes)	(En dólares actualizados de 2016)
1997	636,5	1.341,01	1162,92	2.450,10
2009	2063,82	2.824,48	3555,33	4.865,71
2012	940,45	1.144,20	2589,53	3.150,56
Total	3640,77	5.309,69	7307,78	10.466,37

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la última tabla la pérdida económica de la sequía de la campaña 2008/09 ascendió a u\$s 4.865,7 millones según la medición a partir de la cota media y del total de las tres provincias. Este valor representa un 47% del total, seguido por la del 2011/12 con el 30% del total de las pérdidas de las campañas que fueron más afectadas (1996/97, 2008/09 y 2011/12).

Como conclusión preliminar se deduce que las pérdidas por el evento climático extremo, sequía, son considerables y pueden tener impacto a nivel macroeconómico dada la importancia del sector granario en la economía argentina, por ejemplo, si se toman las reservas totales del Banco Central de la República Argentina del año 2016 (u\$s 39.308 millones¹⁷) las pérdidas totales (u\$s 10.466,37 millones) medidas mediante la cota media de las campañas - 1996/97, 2008/09, 2011/12- representan un 27% de las reservas de la entidad financiera mencionada.

Hasta aquí se ha mostrado el impacto de las sequías a nivel total de país y provincial calculado como la agregación de las pérdidas registradas a nivel de departamento del cultivo de soja. Sin embargo, el modelo no identificó en el período analizado ninguna caída considerable del rendimiento de la soja por un evento climático adverso como son los excesos hídricos.

Como, actualmente la Argentina está sufriendo en la campaña 2016/17 el fenómeno de exceso hídrico registrándose áreas severamente afectadas en distintas regiones del núcleo pampeano, a continuación se presentan las características fundamentales de ese evento y una estimación de su impacto en la campaña mencionada.

4.3 Los excesos hídricos

El costo económico de los excesos hídricos es muy complejo de estimar. Principalmente, porque el área inundada y el nivel de inundación depende de aspectos geográficos, topográficos y del tipo de suelo. Esto genera que sea un fenómeno con incidencia a nivel local, pero no necesariamente a nivel de la escala de departamento. En general, solamente excesos hídricos extremos producen cambios en las variables relevantes a nivel de departamento. Esto es consecuencia de que el exceso hídrico puede generar la destrucción del cultivo

¹⁷ http://www.bcra.gov.ar/PublicacionesEstadisticas/Principales_variables.asp?FechaCons=30/12/2016

dentro de un área al interior de un campo, pero por otro lado generar rindes extraordinarios en zonas aledañas que por razones geográficas no se encuentran anegadas.

Del análisis de la información histórica a nivel de departamento no es posible observar caídas extremas en los rindes que son producto de excesos hídricos, a diferencia de los eventos de sequía moderada y extrema.

Si bien existen damnificados a nivel local, la valuación económica agregada resulta complicada dada la existencia de compensaciones por un lado, y costos ocultos por el otro. Las compensaciones están dadas por la destrucción del cultivo o la imposibilidad de cosecharlo en las zonas totalmente inundadas, con la generación de rindes extraordinarios. En relación a los costos ocultos, se encuentran los mayores tiempos de transporte por la imposibilidad de utilizar rutas tradicionales pues están anegadas, el daño a la maquinaria o a la infraestructura, y los impactos sobre la vulnerabilidad social, son aspectos ajenos a la información agronómica y difíciles de estimar a nivel agregado.

En consecuencia, los aspectos salientes relacionados con los excesos hídricos pueden sintetizarse en los siguientes conceptos:

- Pérdidas a nivel local
- Pueden existir compensaciones a nivel de departamento
- Costos ocultos

Hechas estas aclaraciones, a continuación se presenta una estimación de las pérdidas directas por excesos.

4.3.1 Estimación de las pérdidas ocasionadas por los excesos hídricos

Se relevó información a nivel de las cabeceras de los principales departamentos de las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y La Pampa, de acuerdo a información proyectada por el Ministerio de Agroindustria para la campaña 2016/17. En esta estimación se incluye la provincia de La Pampa por el fuerte impacto que causó la inundación en su producción. El conjunto de departamentos se presenta en la tabla 21.

Tabla 21: Departamentos

Buenos Aires	Córdoba	La Pampa	Santa Fe
Bahía Blanca, Bolívar, Bragado, Gral. Madariaga, Junín, La Plata, Lincoln, Pehuajó, Pergamino, Pigué, Salliqueló, Tandil, Tres Arroyos, 25 de Mayo	Laboulaye, Marcos Juárez, Río Cuarto, San Francisco, Villa María	General Pico, Santa Rosa	Avellaneda, Cañada de Gómez, Casilda, Rafaela, Venado Tuerto

Fuente: Elaboración propia.

Para el conjunto de departamentos listados, se procedió a la aplicación de la siguiente metodología:

- Se calculó el área de pérdida, es decir, la diferencia entre área sembrada y área cosechada.
- Se determinó la pérdida de área promedio histórica del departamento.
- Se neteó la pérdida de la campaña analizada del promedio histórico.
- En los casos donde la pérdida corriente supera a la pérdida histórica, se evaluó el nivel de exceso hídrico a través del índice de Palmer (provisto por el Centro de relevamiento y evaluación de recursos agrícolas y naturales - CREAN).
- En los casos en los que se observan excesos hídricos, se procedió a valorar la pérdida. Para ello, se aplicó al área neta perdida el rendimiento tendencial del departamento en cuestión, estimado con el modelo presentado en esta tesis.
- La pérdida en cantidades se monetizó al precio internacional de soja del año correspondiente.

Los valores agregados por provincia contemplando solamente los departamentos con pérdidas por exceso hídrico, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 22. Pérdidas directas por cultivo de soja de la campaña 2016/17, en dólares

Provincia	Pérdida
Buenos Aires	149.805.937
Córdoba	60.745.762
La Pampa	96.709.046
Santa Fe	47.144.064
Total	354.404.810

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, la provincia de Buenos Aires registra pérdidas económicas directas equivalentes a u\$s 149,8 millones, Córdoba u\$s 60,7 millones, La Pampa u\$s 96,7 millones y Santa Fe u\$s 47,1 millones. En total, las pérdidas de ingreso para el área relevada suman u\$s 354,4 millones.

En tanto, en términos relativos al valor de la producción de cada provincia, las pérdidas fueron del orden del 2% en Santa Fe, del 4% en Córdoba, del 4.4% en Buenos Aires y del 32.6% en La Pampa.

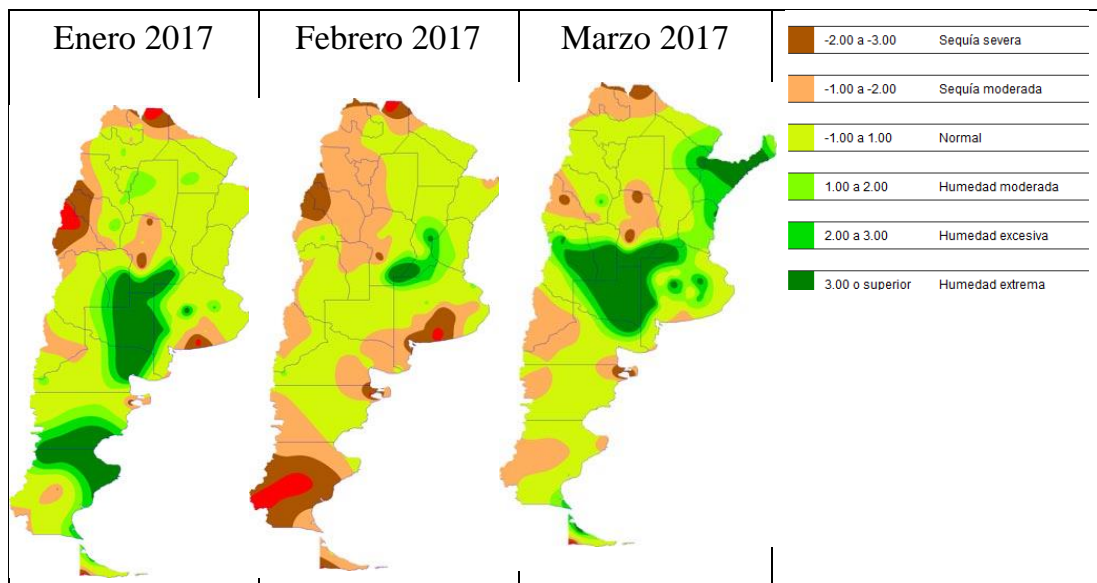
Tabla 23. Pérdidas directas por cultivo de soja campaña 2016/17, en porcentaje del valor producido proyectado

Provincia	Porcentaje
Buenos Aires	4.4%
Córdoba	4.0%
La Pampa	32.6%
Santa Fe	2.0%
Total	4.6%

Fuente: Elaboración propia.

La Pampa es la provincia que registra la mayor pérdida relativa. Esto es congruente con el nivel de exceso hídrico registrado en la región, el cual puede observarse en los siguientes mapas.

Tabla 24. Índice de Sequía de Palmer (PDSI)



Fuente: Centro de relevamiento y evaluación de recursos agrícolas y naturales¹⁸

En síntesis hasta aquí se proporcionó una estimación de la pérdida directa de ingresos en la producción de la soja a nivel total del país y a nivel de departamento de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe por el impacto de las sequías.

También se presentó sólo a nivel de determinados departamentos de las provincias estudiadas y del mismo cultivo, el valor monetario del impacto del exceso hídrico en la campaña 2016/17. En este caso y debido a los valores alcanzados de humedad extrema, se consideraron dos departamentos de la provincia de La Pampa.

Para obtener los resultados se utilizó un modelo de tendencia lineal que captó en el período estudiado todos los eventos de sequía registrados en los años 1989, 1996, 1997, 2003, 2008 y 2011. Constatados por los valores aportados por el Índice de Palmer y los informes semanales y los resúmenes anuales elaborados por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, donde se explicitan las condiciones climáticas por provincia en cada uno de los momentos del cultivo (siembra desarrollo y cosecha).

¹⁸ http://www.crean.unc.edu.ar/files/secciones/monitoreo/pdi_2017/ult_2017.html

La información aportada por ambas fuentes –índice e informes- muestra que en todos los años que el modelo aplicado detectó pérdidas extremas en los rendimientos, coinciden con condiciones climáticas adversas en general asociadas a situaciones de sequía.

En el capítulo se presentan las tablas con los resultados que contienen los valores de las pérdidas directas en el cultivo de soja, por sequía extrema que se obtuvieron a nivel del total del país, y a partir de la suma de la estimación realizada por departamento, de cada una de las provincias de la muestra utilizada.

Se destaca el impacto de las fuertes sequías de la campaña 2008/09 seguida por la del 2011/12, afectando esta última especialmente a la provincia de Córdoba. En cuanto a los excesos hídricos, su efecto de acuerdo a lo comentado es muy complejo de estimar, pues este fenómeno no produce una pérdida generalizada en los rendimientos a nivel de departamento, para detectarlo es necesario trabajar en una escala menor. Dado la magnitud de las inundaciones de las campañas 2015/16 y 2016/17, se realizó el análisis a partir de la variable pérdida de área promedio histórica del departamento y se estimó su impacto, correspondiente a la campaña 2016/17.

No obstante, las pérdidas directas que se producen por excesos hídricos, en el cultivo de soja, son mucho más bajas que las que se producen como consecuencia de las sequías.

A su vez es importante destacar la eficiencia del modelo utilizado que detecta las campañas donde se produjeron caídas en la producción coincidentes con situaciones climáticas extremas, especialmente sequías.

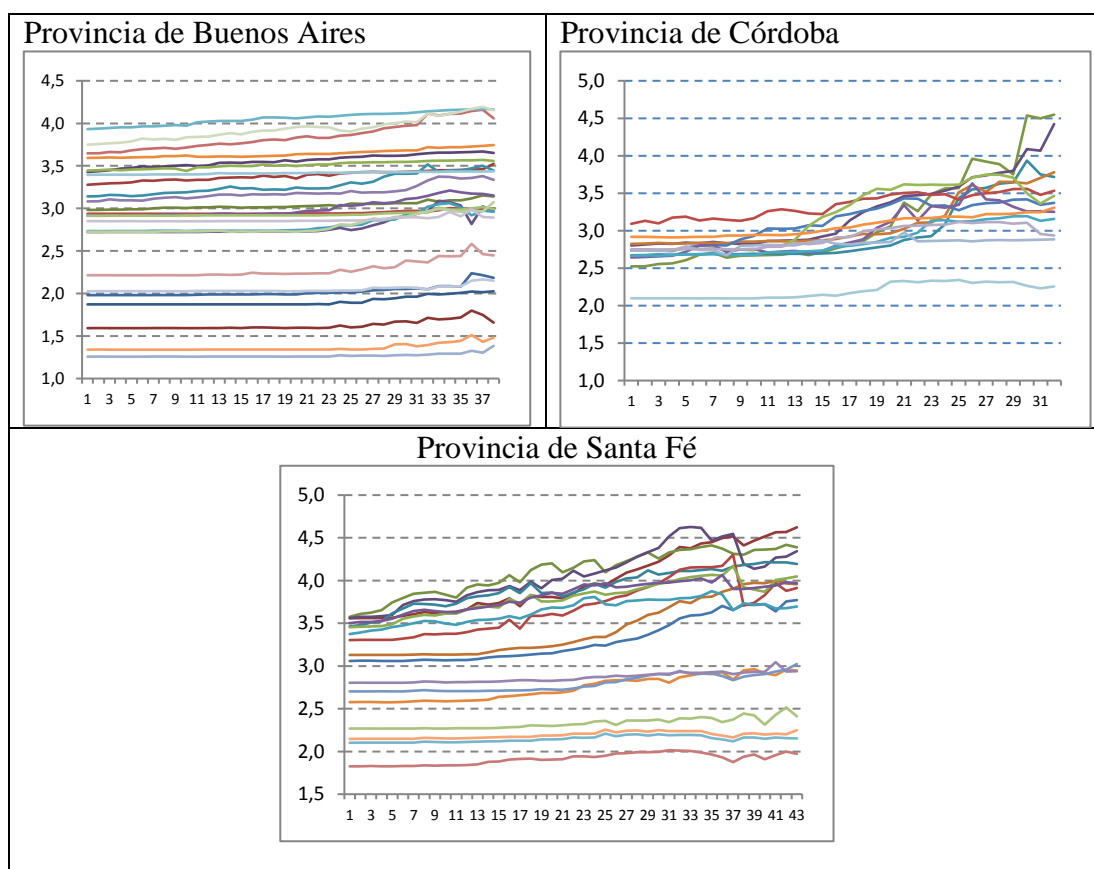
4.4 PROYECCIONES

Predecir el impacto de los eventos climáticos extremos en la producción agrícola no es sencillo ya que implica realizar innumerables modelos y proyectar: áreas de siembra futuras, rendimientos, eventos climáticos, cambios en los comportamientos de los agricultores, precios internacionales y tasas de interés.

Dada la extrema complejidad de esta tarea, la cual tampoco asegura resultados ciertos, a los fines de esta tesis se presenta una solución pragmática. Se repite la

misma frecuencia e intensidad de los eventos pasado, proyectándose hacia el futuro con el nivel de área sembrada actual, manteniendo la última tendencia de los rendimientos y utilizando el último dato del precio internacional. A modo de ejemplo, en la figura siguiente se presentan diferentes simulaciones de rendimientos para las provincias analizadas en este trabajo.

Figura 3: Simulaciones de rindes
-Horizonte promedio a 40 años%-

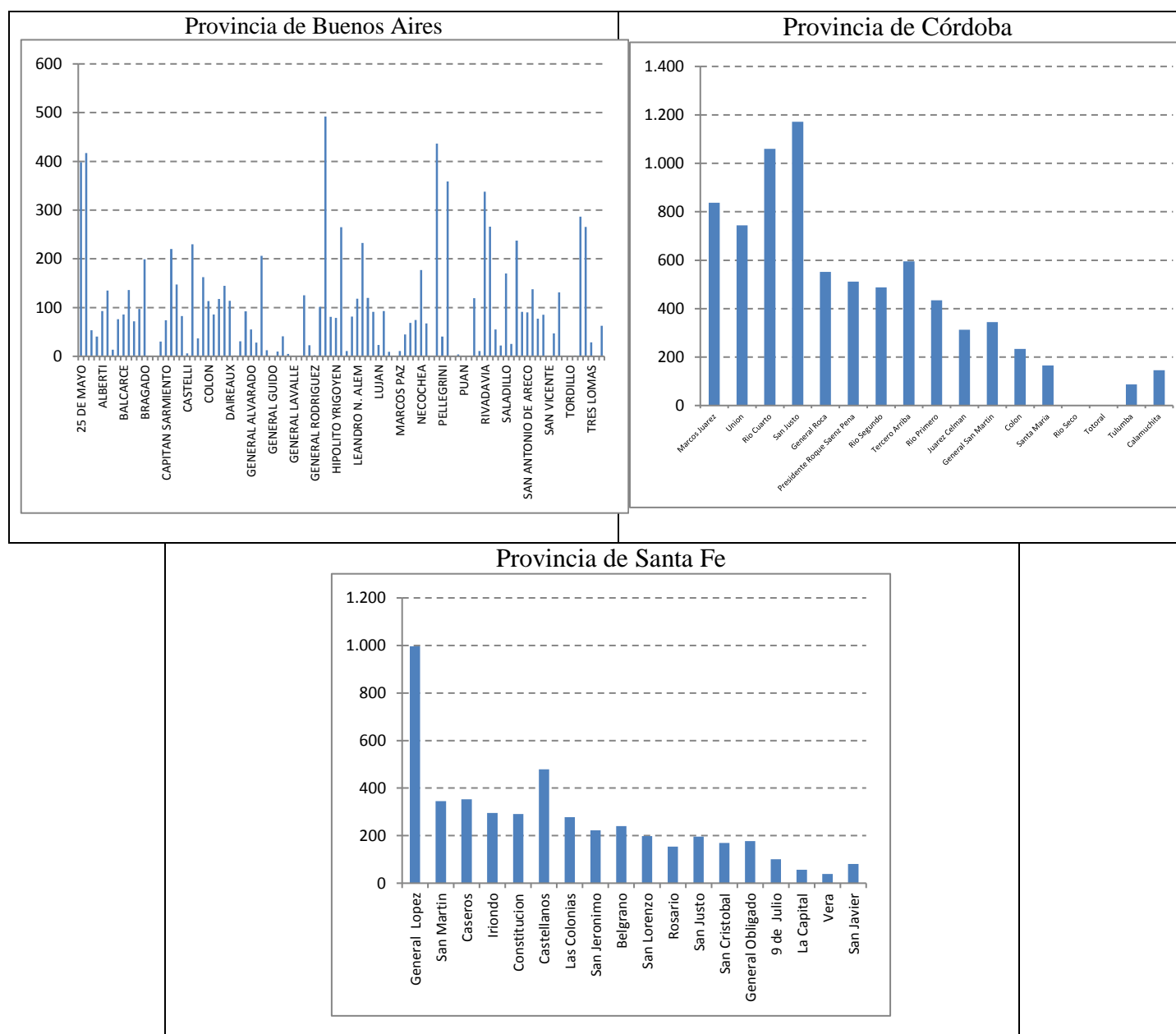


Fuente: Elaboración propia.

Tomando como punto de partida el área sembrada de 2016 y replicando el comportamiento de los rindes históricos, dentro de un horizonte de proyección de 40 años el valor nominal de la pérdida, es decir aquel que no contempla el valor tiempo del dinero, asciende a **u\$s 22.985 millones**.

En la figura siguiente se presenta un ejemplo de las pérdidas nominales a nivel de departamento en las provincias de Entre Ríos, Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe.

Figura 4. Pérdida total proyectada por eventos de sequía
-Horizonte a 40 años, tasa de descuento del 0%-

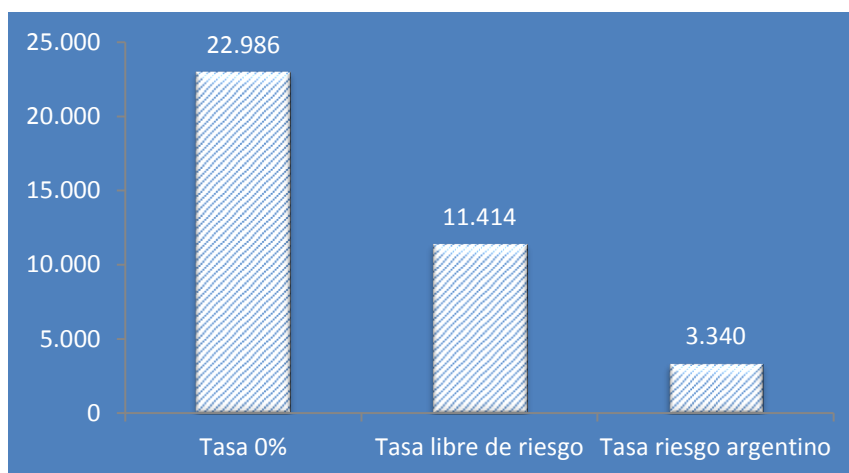


Fuente: Elaboración propia.

Si bien evaluar la pérdida en términos nominales, es decir a tasa de descuento del 0%, fue el enfoque aplicado en el conocido informe Stern (2001), no resulta el enfoque más viable sobre todo en países emergentes con mayor riesgo macroeconómico. Por ello, a continuación se valúa el mismo evento de pérdida bajo dos proyecciones de tasa de interés:

- Aplicando la tasa libre de riesgo internacional, el valor actual de la pérdida asciende a **u\$s 11.414 millones**.
- Por último, si las pérdidas intertemporales se descuentan al nivel actual de riesgo promedio del mercado argentino, (aproximadamente 7% en dólares) el valor actual de la pérdida se diluye a **u\$s 3.339 millones**.

Figura 5. Valor actual de pérdidas proyectadas por sequía según tres esquemas de descuento



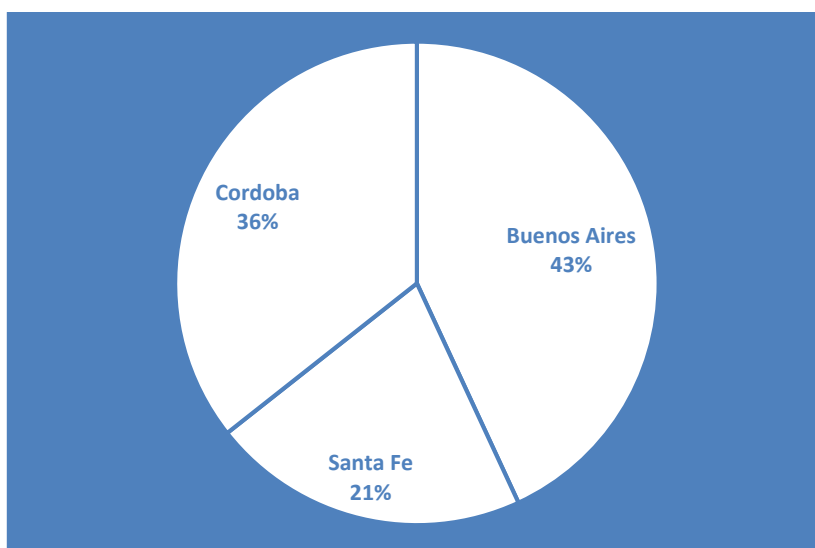
Fuente: elaboración propia.

En términos económico-financieros, una inversión en infraestructura de adaptación cuyo costo sea menor que el valor actual de la pérdida, sería redituable en términos económicos. No obstante, como se observa, el valor actual de la pérdida no depende solamente de la complejidad de la proyección climática y su impacto, sino también de la tasa de interés que representa el costo del financiamiento del proyecto. Dadas las mayores tasas que generalmente tienen los países emergentes, como el caso de la Argentina, el financiamiento de obras de infraestructura de adaptación al riesgo climático generalmente resulta inviable en términos financieros.

Esta es una de las mayores problemáticas de la inversión en adaptación a fenómenos climáticos en países emergentes: el alto costo del financiamiento genera que las pérdidas futuras tengan poca relevancia en términos presentes, orientando pocos o nulos recursos al sector. Si bien esta situación se presenta en cualquier proyecto de infraestructura cuyos beneficios se generen en plazos largos, la incertidumbre de las proyecciones climáticas agrega un problema adicional.

Independientemente del valor de la pérdida futura estimada, la misma se distribuiría del siguiente modo entre las provincias analizadas: Buenos Aires 43%, Córdoba 36% y Santa Fe 21%.

Figura 6. Distribución porcentual provincial de las pérdidas económicas proyectadas por eventos de sequía en la producción de soja



Fuente: elaboración propia

4.5 LIMITACIONES DE LAS ESTIMACIONES REALIZADAS

En principio es necesario aclarar que el modelo no explica la sensibilidad del cultivo de soja al clima, sino que detecta las campañas con rendimientos por debajo de un cierto límite y las contrasta con información meteorológica para confirmar que esos valores son consecuencia de la ocurrencia de un evento climático extremo.

A partir de esta última consideración se puede expresar que una de las principales limitaciones de este estudio es el problema de la atribución. La metodología detecta una desviación extrema en los rendimientos y luego contrasta la situación con el valor del Índice de Sequía de Palmer y los informes apartados por la Bolsa de Cereales, pero no se introdujo ningún análisis de correlación o sensibilidad.

Sin embargo, con el fin de evitar la sobreestimación de los resultados y la incidencia de factores no probados, se realizó también una estimación conservadora calculando la pérdida de ingresos como el valor entre la diferencia del rendimiento observable y el límite de la desviación estándar, conjuntamente con la de la tendencia o media como figura en las tablas presentadas en este capítulo.

En cuanto a la utilidad de los resultados, el enfoque funciona lo suficiente como para concluir que las sequías severas y excesivas tienen un impacto macroeconómico en el caso de Argentina. La estructura económica agrícola de la producción de soja está orientada a la exportación y la recesión de la producción no genera problemas de seguridad alimentaria dentro del país. El impacto en los productores podría ser alto, pero puede ser compensado con años de buen tiempo, ya que las sequías no han sido una tendencia. Sin embargo, la política macroeconómica y fiscal ha sido pro cíclica y la balanza comercial altamente dependiente de las exportaciones de productos básicos (Massot, 2016; Sorrentino y Thomasz, 2015). Por lo tanto, la planificación macrofiscal puede beneficiarse de la fijación del gasto público y el consumo de reservas de acuerdo con el comportamiento estructural de los recursos cíclicos (FMI, 2015; Ardeche et al, 2015).

A pesar de que el precio del riesgo en la soja ha sido estudiado en relación con los shocks de las acciones estadounidenses y los shocks de tasas de interés (Thomasz, 2016), el efecto de los eventos climáticos internos en las cantidades de producción a escala nacional sigue siendo desconocido. Por lo tanto, la metodología presentada en este estudio proporciona el primer paso para dar una respuesta a ese interrogante. Además, a pesar de sus propias particularidades y limitaciones, la simplicidad del enfoque facilita su aplicación a cualquier país y cualquier cultivo con información limitada; todos los modelos son erróneos, algunos son útiles (Box, 1979).

Por último es importante resaltar que los valores estimados deben tomarse a los fines de establecer **órdenes de magnitud, y no como valores puntuales**. La metodología presentada brinda un lineamiento general, pero aún dista de ser preciso. El modelo no explica la variabilidad climática sino que la toma como supuesto. Se supone que filtrada la tendencia, la variabilidad de los rindes (promedio o casos extremos) responde a cuestiones climáticas. Esta última, como ya se comentó, fue corroborada mediante el Índice de Palmer e informes publicados por la Bolsa de Cereales. A partir de esto se puede afirmar que el modelo identifica en forma aceptable eventos extremos de sequía.

QUINTO CAPITULO

CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

La incorporación de nuevas tecnologías que generan una mayor productividad, unida a la expansión de la frontera agrícola y sumado al aumento del precio internacional de los granos, especialmente de la soja, ha potenciado la valorización del sector agrícola en la economía argentina, redundando en una mayor exposición económica del sector frente a eventos climáticos.

El Producto Interno Bruto agrícola representa el 80% del sector primario. El ingreso generado por la cosecha de granos (soja, maíz y trigo) entre 2004 y 2016 ascendió a u\$s 320.000 millones. Vale destacar que la soja genera el mayor aporte del valor del conjunto analizado, alcanzando en la campaña 2013/14 el 77% del valor bruto de producción (u\$s24.493 millones).

En lo referente a la incidencia en el sector externo, el sector primario y las manufacturas de origen agropecuario alcanzan el 57% del valor exportado entre los años 2004 y 2016, siendo el 40% de este total correspondiente al sector de granos.

En relación a su incidencia fiscal las retenciones a las exportaciones de maíz, trigo y soja ascendieron a u\$s 70.000 millones entre los años 2003-2016, siendo las de la soja en el año 2016 de u\$s 4.714 millones.

Los valores presentados muestran que el sector agropecuario y, especialmente la producción de granos en Argentina, tiene importancia significativa a nivel del producto interno bruto, en el sector externo y en el presupuesto fiscal nacional.

Por las razones enunciadas resulta importante conocer el valor económico del impacto sobre el sector agrícola de los eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, no solamente a nivel local, sino también a nivel regional y nacional, con el fin de evaluar si dichos valores ameritan la inversión en medidas de adaptación.

Por ello en este estudio se desarrolló un modelo que permitió estimar el valor de la pérdida producida por un evento de variabilidad climática. Tal procedimiento se aplicó al cultivo de soja, a nivel de departamento de tres provincias, Buenos Aires, Córdoba y Santa Fé, que concentran el 80 % de la producción nacional de soja.

La metodología utilizada captó todos los eventos de sequías en los años 1989, 1997, 2003, 2008 y 2011 que se presentaron en el período muestral utilizado.

En cuanto a la magnitud de los valores de las pérdidas, expresadas en la monetización del valor bruto de la producción de la soja, las ocasionadas por las sequías que afectaron las campañas 2008/09 y 2011/12, son las más importantes y sus montos son aproximadamente 4.900 millones y 3150 millones de dólares de 2016 respectivamente.

La suma de ambos valores equivale al 20% de las reservas del Banco Central de la República Argentina correspondiente al año 2016 y dado que el cultivo de soja, transformado en harina y aceite, está mayormente destinado a la exportación; sumado a que la política macroeconómica y fiscal ha sido procíclica y la balanza comercial altamente dependiente de las exportaciones de productos básicos (Massot, 2016; Sorrentino y Thomasz, 2015) se puede afirmar que los eventos de sequías, como las producidas en las campañas señaladas, tienen un fuerte impacto macroeconómico en el caso de la República Argentina.

No obstante, el modelo no identificó en el período analizado ninguna caída considerable del rendimiento de la soja por un evento climático adverso como son los excesos hídricos.

Esto se debe a que los efectos de las inundaciones se manifiestan a niveles de áreas más pequeñas que el departamento. Es decir, puede producirse la pérdida total del cultivo en una porción baja del terreno que es compensada con el rinde extraordinario en la parte alta del campo.

Cabe recordar en este punto que el estudio sólo mide impactos directos y no en términos de vulnerabilidad social, contaminación de aguas, entre muchos, que pueden ser muy importantes en el caso de una inundación.

Por lo tanto, el impacto directo de un exceso hídrico es mucho más difícil de evaluar. Para ello se debería trabajar en una escala más pequeña que el departamento, midiéndola a partir del área promedio cosechada, y su efecto

puede no reflejarse en una caída pronunciada del rendimiento como sucede con la sequía cuyo impacto es a nivel general.

Como limitación, el estudio de los excesos hídricos amerita bajar la escala de análisis dado que los impactos **directos** son locales y a nivel productor, no observándose pérdidas regionales a partir del modelo aplicado.

En síntesis, se concluye que, en el caso de las sequías, la magnitud de la pérdida es tan importante que puede afirmarse que tiene no solamente impactos privados sino también efectos fiscales.

En este sentido, las estimaciones de flujo de pérdidas aportadas en esta tesis, puede proveer información importante para determinar el nivel de participación público-privada (PPP) para financiar obras de adaptación.

Una de las mayores consecuencias del incremento de la valorización de la producción de soja redundó en el aumento de los costos de un evento climático extremo, especialmente los eventos de sequía.

Por tal razón sería importante investigar los diferentes instrumentos financieros disponibles para el financiamiento de obras de infraestructura, por ejemplo, canalización, sistemas de riego y buenas vías de comunicación y transporte.

En particular se podrían desarrollar estas obras, a nivel de departamento o regional, por medio de esquemas de participación público privado que sirvan como mecanismo para la distribución de los riesgos entre las partes.

Para realizar una inversión en infraestructura de adaptación se debe realizar un análisis económico financiero que determine su factibilidad. Es decir, una inversión es redituable en términos económicos si el valor actual de la pérdida es mayor al costo de la obra de infraestructura.

Para ello se necesita conocer cuáles serían las pérdidas que se producirían en el futuro conjuntamente con una tasa de interés que representa el costo de financiamiento del proyecto.

Este estudio resulta muy útil para realizar proyecciones de las pérdidas ocasionados por un evento climático extremo y servir de insumo para realizar el análisis económico financiero para una inversión en infraestructura de adaptación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), pp. 268-281.
- Arteaga, C., Granados, J., & Ojeda Joya, J. (2013). Determinantes de los precios internacionales de los bienes básicos. *Ensayos sobre Política Económica*. 31(71), 85-107.
- Baethgen, W. (2008). Gestión de riesgos climáticos y su adaptación a la agricultura. En: <http://www.caf.org.uy/Cambio-climatico-Dr-Baethgen>.
- Baethgen, W.E. (2008). Climate Risk Management and Adaptation to Climate Change. In: Uruguay, Climate Change Here and Now. Supplementary document for the UNDP Report on Human Development. UNDP Uruguay, Montevideo.
- Banco Central de la República Argentina. (2018). Estadísticas monetarias. Disponible en: http://www.bcra.gov.ar/PublicacionesEstadisticas/Principales_variables.asp?FechaCons=30/12/2016
- Barros V. R., Boninsegna J. A., Camilloni I. A., Chidiak M., Magrín G. O. y Rusticucci M. (2015). Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Clim Change* 2015, 6: 151-169. doi: 10.1002/wcc.316.
- Barros V.; Vera C., Agosta E., Araneo D.; Camilloni I., Carril A. F., Doyle M.E., Frumento O., Nuñez M., Ortiz de Zárate M.I., Penalba O., Rusticucci M., Saulo C., Solman S. (2014). Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires, Argentina.
- Berterretche M.; Chiara J. P. y Isoldi, A. (2013). Revisión, análisis y propuestas de metodologías para evaluar el impacto económico de eventos climáticos extremos sobre la actividad agrícola. Presentación en el taller: Sistematización de la información climática para su uso en el proceso de toma de decisiones, 6 y 7 de junio de 2013. Montevideo.
- Burke, M., Hsiang, S., Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature* 527, pp: 235-239. Doi: 10.1038/nature15725.

- Bolsa de Cereales. Anuarios estadísticos. Varios años: 1999, 1998, 2003, 2004, 2009 y 2010. <http://www.bolsadecereales.org.ar>
- Bonati, P., Mercado, D., Quiñones, B. M., Stein, N., Cuppari, R. y Souto A. (2015). *Nuevos desafíos para la gestión del cambio climático*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Editorial: Facultad de Ciencias Económicas, UBA.
- Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van Der Linden, P.J. and Hanson, C.E. Eds. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Caride V., De Jesús M. y Vilker A. (2011) Precios internacionales de *commodities* y ciclo económico: el caso de Latinoamérica. XII Jornadas Nacionales y Latinoamericanas Actuariales. Tomo II. Editor Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos aplicados a la Economía y la Gestión (CMA). Facultad de Ciencias Económicas (UBA). Buenos Aires, Argentina.
- Carter, J. G., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J., Kazmierczak, A. (2015). *Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation*. *Progress in Planning* 95, 1–66.
- Cashin, P., Mohaddes, K., Raissi, M. (2015). *Fair Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño*. IMF Working paper 15/89.
- Cashin, P., Mohaddes, K., Raissi, M., & Raissi, M. (2014). *The differential effects of oil demand and supply shocks on the global economy*. *Energy Economics*. 44, 113-134.
- CEPAL. (2010). *Istmo Centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. Sede Subregional en México. Recuperado de: <http://www.cepal.org/es/sedes-y-oficinas/cepal-mexico>
- CEPAL. (2014). *La economía del cambio climático en la Argentina. Primera aproximación*. Impreso en Naciones Unidas. Santiago de Chile. Recuperado de: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/35901-la-economia-del-cambio-climatico-en-la-argentina-primera-aproximacion>
- Chimeli, A. B., De Souza Filho, F. D. A., Holanda, M. C., & Petterini, F. C. (2008). *Forecasting the impacts of climate variability: lessons from the*

- rainfed corn market in Ceará, Brazil. *Environment and Development Economics*. 13(02), 201-227. doi:10.1017/S1355770X07004172
- CIER (2007). *The US Economic Impacts of Climate Change and the Costs of Inaction. A Review and Assessment by the Center for Integrative Environmental Research (CIER) at the University of Maryland.*
- Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Climate Change*. 6, 151-169. doi: 10.1002/wcc.316.
- Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J. y Ranases, A. (1995), *World Agriculture and Climate Change. Economic Adaptations. Agricultural Economic Report 703*, US Department of Agriculture. Washington, D.C., United State.
- Deschenes, O., & Greenstone, M. (2007). The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *The American Economic Review*, 97(1), 354-385. doi: 10.1257/aer.97.1.354
- DNPC BID (2014). *Impactos económicos del cambio climático en Colombia. Síntesis*. Bogotá, Colombia. Recuperado de:
https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Impactos%20Econ%C3%B3micos%20del%20Cambio%20Climatico_Sintesis_Resumen%20Ejecutivo.pdf
- Easterling, W. E., Crosson, P. R., Rosenberg, N. J., McKenney, M. S., Katz L. A. y Lemon K. M. (1993). *Towards an integrated impact assessment of climate change: The MINK study*, Rosenberg N. J. (Ed). *Agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) region*. p.p. 23-62. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Fabris, J. y Vilker A. (2012). *El riesgo en los mercados agropecuarios. Volatilidad histórica, volatilidad implícita y modelos económicos. En Impacto económico-financiero y actuarial del riesgo climático en Argentina. Proyecto de investigación científica y tecnológica PICT 770*. Editores: Casparri M. T., Bernardello A., García Fronti J y Vilker A. p. p. 105-140. Ediciones Facultad de Ciencias Económicas. Buenos Aires. Argentina. Disponible en:
http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/libros/Casparri_Impacto-economico-riesgo-climatico-2012.pdf

- Facultad de Ciencias Agrarias. Informes sobre fusariosoistrigo.
<http://www.fcagr.unr.edu.ar/>
- FMI (2015). The Commodities Roller Coaster. A Fiscal Framework for Uncertain Times. IMF Fiscal Monitor.
- Gall, M. (2015). The suitability of disaster loss databases to measure loss and damage from climate change. *International Journal of Global Warming*, 8(2), 170-190. doi: 10.1504/IJGW.2015.071966
- Gonzalez, P.; Polvani, L.; Seager, R.; Correa, G. (2014). Stratospheric ozone depletion: a key driver of recent precipitation trends in South Eastern South America. *Climate Dynamics*, Vol. 42, Issue 7, pp 1775–1792.
- Heinzenknecht, G. (2011). Proyecto riesgo y seguro agropecuario. Oficina de Riesgo Agropecuario. En: <http://www.ora.gov.ar/informes/enso.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report. En: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf
- IPCC, 2014. Summary for policymakers. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1–32.
- Irwin, S., & Good, D. (2015). Forming Expectations for the 2015 US Average Soybean Yield: What Does History Teach Us?. *Farmdoc daily* (5): 51. Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Jeremy G. Carter, Gina Cavan, Angela Connelly, Simon Guy, John Handley, Aleksandra Kazmierczak (2015). Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning* 95, 1–66.
- Jones J.W., Hoogenboom G., Porter C.H., Boote K.J., Batchelor W.D., Hunt L.A., Wilkens P.W., Singh U., Gijsman A.J., Ritchie J.T. (2003). The

- DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* No. 18. p.p. 235-265.
- Kates R. Travis W. Wilbanks T. (2012). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. Edited by Neil Adger, University of Exeter, Exeter, United Kingdom, and accepted by the Editorial Board March 14
- Letson, David, Carlos E. Laciána, Federico E. Bert, Elke U. Weber, Richard W. Katz, Xavier I. Gonzalez, and Guillermo P. Podestá (2009). "Value of perfect ENSO phase predictions for agriculture: evaluating the impact of land tenure and decision objectives." *Climatic Change* 97, no. 1-2: 145-170.
- Letson, David, Guillermo P. Podestá, Carlos D. Messina, and R. Andrés Ferreyra (2005). "The uncertain value of perfect ENSO phase forecasts: stochastic agricultural prices and intra-phase climatic variations." *Climatic Change* 69, no. 2-3: 163-196.
- Lobell, D. B., & Burke, M. B. (2010). On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(11), 1443-1452. En: [10.1016/j.agrformet.2010.07.008](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.07.008).
- Lozanoff, J. y Cap E. (2006). El impacto del cambio climático sobre la agricultura Argentina: Un estudio económico. Buenos Aires. Argentina. INTA.
- Maddison D., Manley M., and Kurukulasuriya P. (2007). The impact of climate change on African agriculture: A Ricardian approach. *Policy Reserch Working Paper 4306*. The World Bank, Washington D.C.
- Massot, J., Baez, G., Prieto, K., Petri, G., Argüero, L., Thomasz, E., Gayá, R., Fusco, M. (2016). Agroindustria, innovación y crecimiento económico en la Argentina.
- Mendelsohn, R., Dinar A.y Sanghi A. (2001), The Effect of Development on the Climate Sensitivity of Agriculture. *Environment and Development Economics*, 6:85-101.
- Mendelsohn R., Dinar A., Sanghi A., Moser, S. C., & Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(51), 22026-22031.

- Mendelsohn, R., Nordhaus W. y Shaw D. (1994). The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis. *American Economic Review*, 84:753-771.
- Miglietta F., Magliago B., Bindi M., Cerio L., Vacari F.P., Loduca V., and Peresotti A. (1998). Free air CO₂ enrichment of potato (*Solanum tuberosum* L.): Development, growth and yield. *Global Change Biol.* 4:163–172.
- Minetti, J., Vargas, W., Vega B., y Costa M. (1997). Las sequías en la pampa húmeda: impacto en la productividad del maíz. *Revista brasileira de meteorología*, v.22, n.2, 218-232.
- Murgida A. M., Travasso M. I., González S. y Rodríguez G. R. (2014). Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción agrícola en la Argentina. Serie medio ambiente y desarrollo. No. 155. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- Natenzon, C. (2014). Vulnerabilidad social, amenaza y riesgo frente al cambio climático. Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
- NRC (2011). *America's Climate Choices: Final Report*. National Research Council. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- OCDE (2000). *Income Risk Management in Agriculture*. France, OCDE.
- OCDE/CEPAL/CAF (2015), *Perspectivas económicas de América Latina 2016: Hacia una nueva asociación con China*, OECD Publishing, Paris.
- Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura. CEPAL, México DF.
- Ortiz de Zarate, M. J., Ramayon, J. J. y Rolla, A. L. (2014). Agricultura y Ganadería impacto y vulnerabilidad al cambio climático. Posibles medidas de adaptación. 3era comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.
- Organización Meteorológica Mundial. (2016) El estado del clima mundial en 2011-2015: cálido y errático. Press Release Number: 14. Disponible en: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-estado-del-clima-mundial-en-2011-2015-c%C3%A1lido-y-err%C3%A1tico>

- Paltasingh, K. R., Goyari, P., & Mishra, R. K. (2012). Measuring weather impact on crop yield using aridity index: Evidence En: Odisha. *Agricultural Economics Research Review*, 25(2), 205-216.
- Podesta G., Letson D. Messina C., Royce F., Ferreyra A., Jones J., Hansen J., Llovet I., Grondona M., and O'Brien J. (2002). "Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience." *Agricultural Systems* 74, no. 3: 371-392.
- Podestá, G., Natenzon C., Hidalgo C., and Toranzo F. (2013). "Interdisciplinary production of knowledge with participation of stakeholders: a case study of a collaborative project on climate variability, human decisions and agricultural ecosystems in the Argentine Pampas." *Environmental Science & Policy* 26 40-48.
- Rahman, M., Huq, M., Sumi, A., Mostafa, M., and Azad, M. (2005). Statistical Analysis of Crop-Weather Regression Model for Forecasting Production Impact of Aus Rice in Bangladesh. *International Journal of Statistical Sciences*. Vol 4, pp 57-77.
- Ramírez D., Ordaz L., Mora J. y Acosta A. (2010). La economía del cambio climático en Centroamérica. Comisión Económica para América Latina (CEPAL), sede subregional en México.
- Ravelo, C. y Pascale, A. (1997). Identificación de ocurrencia de sequías mediante imágenes del satélite NOAA e información terrestre. *Rev. Facultad de Agronomía*. 17 (1): 101-105.
- Revi, A., Satterthwaite, D., Aragón-Durand, F., Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R. B., Pelling, M., & Solecki, W. (2014). Urban areas. *Climate change*, 535-612.
- Rosenzweig, C., Solecki, W. , Blake, R., Bowman, M., Faris, C., Gornitz, V., Horton, R., Klaus, J., LeBlanc, A., Leichenko, R., Linkin, M., Major, D., O'Grady, M., Patrick, L., Sussman, E., Yohe, G. & Zimmerman, R. (2011). Developing coastal adaptation to climate change in the New York City infrastructure-shed: process, approach, tools, and strategies. *Climatic Change*, 106(1), 93-127. En: 10.1007/s10584-010-0002-8
- Scarpato, O., Capriolo, A. (2013). Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, Núm. 82, 2013, pp. 38-51.

- Schaechter, A., Kinda, T., Budina, N., Weber, A. (2012). Fiscal Rules in Response to the Crisis—Toward the “Next-Generation” Rules. A New Dataset. IMF Working Paper 12/187.
- Schlenker W., Hanemann W., and Fisher A. (2006). The Impact of Global Warming on U.S. Agriculture: An Econometric Analysis of Optimal Growing Conditions. *Review of Economics and Statistics*, 88(1): 113-25.
- Seaman, J., Sawdon, G., Acidri, J., Petty, C. (2014). The Household Economy Approach. Managing the impact of climate change on poverty and food security in developing countries. *Climate Risk Management* 4–5, pp 59–68.
- Seo, S. N. y Mendelsohn R. (2008a) .A Ricardian analysis of the impact of climate change on Latin American farms. Policy Research Series Working Paper, N° 4163, Washington, D. C., Banco Mundial.
- _____ (2008b), A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American farms”, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(1). p.p. 69-79.
- _____ (2008c), An analysis of crop choice: Adapting to climate change in Latin American Farms. *Ecological Economics*, 67. p.p. 109-116.
- _____ (2008d), Measuring impacts and adaptations to climate change: A structural Ricardian model of African Livestock Management, *Agricultural Economics*, 38. p.p. 151-165.
- Smit, B., McNabb D. y Smithers J. (1996), Agricultural adaptation to climatic variation. *Climatic Change*, 33: p.p.7-29.
- Smit, B. (1999). Agricultural Adaptation to Climate Change in Canada. A Report to the Adaptation Liaison Office.
- Sorrentino, A.; Thomasz, E. (2014). Incidencia del complejo sojero: implicancias en el riesgo macroeconómico. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, Año 3, Vol. 1., p.p. 9-34.
- Susskind, L., Rumore, D. L., Hulet, C., & Field, P. (2015). Managing climate risks in coastal communities: strategies for engagement, readiness and adaptation. London; New York, NY: Anthem Press, 2015.
- Tannura, M., Irwin, S. and Good, D. (2008). “Weather, Technology, and Corn and Soybean Yields in the U.S. Corn Belt.” Marketing and Outlook Research Report 2008-01, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, February.

- Thomasz, E. y Garnica Hervas, J. (2012). Gestión del cambio climático en Ciencias Económicas. Casparri, M. T. García Fronti J. (Ed.) *Impacto Económico-Financiero y Actuarial del Riesgo Climático en Argentina*. p.p. 197-220. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Editorial: Facultad de Ciencias Económicas, UBA.
- Thomasz, E., Casparri M., Vilker A., Rondinone G. y Fusco M. (2015). Medición económica de eventos climáticos extremos en el sector agrícola el caso de la soja en Argentina. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, año 4, vol. 2. p.p. 30-57. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas, UBA.
- Thomasz, E.; Massot, J.; Rondinone, G. (2016). Is the interest rate more important than stocks? The case of agricultural commodities in the context of the financialization process. *Revista Lecturas de Economía*, N 85, Universidad de Antioquia. ISSN 0120-2596.
- Thomasz, E.; Rondinone, G. Vilker A. y Eriz M. (2017). El impacto económico de los eventos climáticos extremos en Argentina. El caso de la soja en la zona núcleo ¿Riesgo climático o déficit de infraestructura? Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires. 1ra edición. Ciudad de Buenos Aires. Disponible en:
http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/?c=libros&a=d&d=Thomasz-Rondinone-Vilker-Eriz_El-impacto-economico-de-los-eventos-climaticos-extremos-en-Argentina-2017
- Warrick, R.A. (1984). The possible impacts on wheat production of a recurrence of the 1930's drought in the great plains. *Climatic Change*, 6: 5-26.

7. ANEXOS

7.1 ANEXO 1. APLICACIÓN DEL MODELO A LA PRODUCCIÓN DE TRIGO

7.1.1 Introducción

En este apartado del capítulo se aplicará el modelo desarrollado y utilizado para la detección y cálculo de la pérdida de los rendimientos de la soja a la producción de trigo correspondiente a 80 partidos de las tres provincias agrícolas más importantes de Argentina: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. La muestra corresponde a un área geográfica de 4 millones de hectáreas cosechadas –que representa el 83% de la superficie cosechada en el total del país- las cuales tienen una producción de alrededor de 12 millones de toneladas de trigo, que son el 86% del total de la producción de trigo de Argentina en la campaña 2014/2015. La muestra para cada partido contiene información desde 1970 a 2015 de área sembrada, cosechada y producción, aunque se consideraron los casos identificados por el modelo a partir de la década del 80 exactamente igual que al caso de la soja analizada anteriormente. La siguiente tabla contiene los porcentajes de partidos por provincia que tuvieron disminuciones extremas en los rendimientos.

Tabla 21: Porcentaje de partidos con decrecimientos extremos en sus rendimientos de trigo por provincia

Año	Buenos Aires	Córdoba	Santa Fe
1988/89	23%	0%	0%
1989/90	14%	18%	25%
1990/91	11%	0%	0%
1991/92	14%	0%	0%
1992/93	9%	0%	0%
1993/94	18%	0%	8%
1994/95	0%	9%	0%
1995/96	34%	73%	58%
1996/97	2%	36%	8%
1997/98	7%	73%	50%
1998/99	14%	0%	0%
1999/00	18%	0%	0%
2000/01	7%	0%	42%

2001/02	34%	0%	75%
2002/03	59%	27%	17%
2003/04	5%	27%	0%
2004/05	0%	18%	8%
2005/06	25%	0%	0%
2006/07	7%	27%	8%
2007/08	30%	0%	0%
2008/09	70%	55%	100%
2009/10	43%	82%	17%
2010/11	0%	0%	0%
2011/12	2%	0%	0%
2012/13	34%	0%	0%
2013/14	0%	64%	83%
2014/15	23%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Como en el caso de la soja solo se valorizaran las campañas que tuvieron una o más provincias con más del 50 por ciento de los partidos con disminución extrema en sus rendimientos. Estos son: 1995/96, 1997/98, 2001/02, 2002/03, 2008/09, 2009/10 y 2013/14.

7.1.2 Características climáticas de las campañas identificadas por el modelo

Las características climáticas conjuntamente con otros indicadores de cada uno de estos años se resumen en los siguientes párrafos.

1995/96: Según el estudio de Scarpati et al, (2013) las precipitaciones mensuales y anuales en el año 1996 fueron muy inferiores a los valores medios. La sequía en este período abarcó el 67% de la superficie de la provincia de Buenos Aires y entre el último trimestre de 1996 y la mitad de 1997 se secaron por completo muchas lagunas. En la provincia de Córdoba, en el período de siembra y desarrollo del cultivo (Junio- Octubre) la falta de humedad alcanzó los 120 días, produciendo una disminución del 37% del área sembrada; mientras que este mismo indicador presentó una merma del 16% en Santa Fe y del 4% en la provincia de Buenos Aires. En lo que respecta a rendimiento la caída fue del 10,2% para Buenos Aires, 25,5% para Córdoba y del 12,6% para Santa Fe. (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 1999).

1997/98: El área sembrada disminuyó en todas las provincia que forman la muestra de este estudio debido a la falta de precipitaciones en los períodos en que se realiza la

preparación de los suelos y la siembra (Junio - Julio). La escases de lluvias que llegaron en el momento inoportuno, arribo tardío, y no uniformes no permitieron el normal desarrollo del cultivo tanto en la zona cultivada de Córdoba como la de Santa Fe. La contracción de la superficie cultivada se debió a las malas condiciones meteorológicas que se presentaron en el momento de la implantación del trigo. Esta disminución se produjo en toda la zona triguera pero con mayor pronunciamiento en las provincias de Córdoba y Santa Fe, valores que se pueden apreciar en la Tabla 36 - anexo 3 (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 1998).

2001/02 En esta campaña lo que aconteció climáticamente no fue una sequía sino que hubo un exceso de humedad en zonas del centro sur de la provincia de Santa Fe y en el norte de Buenos Aires que provocaron fuertes ataques de Fusarium, hongo que produce la reducción del rendimiento y que se desarrolla por la condiciones climáticas que se producen en el momento de floración del cultivo como temperaturas entre 20 y 30 grados centígrados, lluvias, alta humedad relativa y períodos de mojado de 48 a 60 horas (www.fcagr.unr.edu.ar/extensión/informestecnicos/fusarioostrigo.htm) Sin embargo, en el sudeste, sudoeste de la provincia de Buenos Aires, zonas muy importantes para la producción de trigo se obtuvieron altos rendimientos que compensaron las pérdidas del centro y norte de la región pampeana. (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 2003).

2002/03 Durante el año 2002 se produce una crisis económica financiera, se sale de la convertibilidad que mantenía la paridad peso dólar, se devaluó el peso y se mantuvo la incautación de depósitos (corralito) originaria del gobierno anterior. La demanda interna cae por el avance de la desocupación, aproximadamente un 24% de la población económicamente activa, la caída del salario real, alrededor del 24% durante el 2002, la regresividad en la distribución del ingreso y la acentuación de los bajos niveles de inversión privada y pública. Desde el lado de la producción, el Producto Bruto Interno registró durante el año 2002 una caída del 11% con respecto al año anterior, durante este mismo año las exportaciones cayeron alrededor de un 5%, a pesar de haberse triplicado el valor del dólar. Las exportaciones industriales retrocedieron alrededor del 8% y la producción industrial durante el 2002 fue un 10% menos que en 2001. A su vez se producen fuertes cambios en los costos de los insumos y no hay crédito. Los factores enumerados generaron incertidumbre en los productores, conjuntamente con algunos inconvenientes meteorológicos que produjeron una merma

en la superficie sembrada de un 11,4% menos que la campaña 2001/02 a nivel del total del país.

En cuanto a las condiciones climáticas, se registraron a mediados del mes de agosto precipitaciones considerables en toda la región estudiada pero especialmente en el sudeste de Buenos Aires que comprometían el desarrollo del cultivo y la aplicación de fertilizantes. La humedad continuó durante los meses de septiembre y octubre con aparición de enfermedades foliares especialmente en el norte y noroeste de la provincia de Buenos Aires, también los excesos hídricos amenazaban el cultivo en las zonas costeras del sudeste y sur bonaerense. En la provincia de Córdoba durante estos mismos meses hubo un fuerte temporal de viento y granizo que dañó entre el 30 y el 70% de las hectáreas implantadas. El clima húmedo se presentó también en la segunda quincena de noviembre en casi toda la región pampeana, con caída de granizo en el norte de Buenos Aires, esto provocó la aparición de Fusarium. La cosecha en esta provincia terminó con resultados menores a los previstos ya que debido al exceso de humedad se produjeron enfermedades e inundaciones. Según la Bolsa de Cereales los rendimientos en las dos provincias trigueras más importantes –Buenos Aires y Córdoba- cayeron entre un 13,6 y 20,9% respectivamente (Tabla 36--- Anexo 3) impactando sobre la media del país. (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 2004).

En el periodo 2008/09 en la provincia de Buenos Aires hubo una caída notable en la producción, siendo la variable clave que explica esta baja la extrema sequía que sufrió especialmente el sudeste de la provincia de Buenos Aires. La falta de lluvias se registró en la implantación y el desarrollo del cultivo además de caer la superficie sembrada, ocasionó disminuciones en la producción y en el rendimiento. La escasez de precipitaciones afectó fuertemente al sudeste de Buenos Aires –con alta incidencia en la producción nacional- determinando que la caída en la producción en promedio en toda la provincia fuera de un 28%, de un 71% para Córdoba y de un 80% para Santa Fe. (Tabla -36 – Anexo 3). (Bolsa de Cereales. Número estadístico, 2010).

Durante la campaña 2009/10 el área sembrada en miles de hectáreas en la provincia de Buenos Aires bajó con relación a la campaña anterior en 22% como consecuencia de la sequía que se produjo en la época de siembra –junio/julio-. El área cosechada se redujo en un 21% debido al clima adverso que ocasionó que fueran abandonados numerosos lotes producto de la escasa productividad. En cuanto a los rendimientos

estos aumentaron con respecto al año anterior en un 23% lo que compenso los magros resultados que se dieron en las zonas trigueras del norte del país. La provincia de Córdoba también su producción fue afectada por las severas restricciones hídricas, mientras que en la provincia de Santa Fe la producción cayó un 45%. Escasas precipitaciones en el periodo de siembra produjeron que el área sembrada fuera un 46% de la del año anterior. (Bolsa de Cereales. Número estadístico 2011 e Informe semanal del 24 de junio 2009).

2013/14 En las provincias de Córdoba y Santa Fe los rendimientos se ubicaron por debajo de las expectativas iniciales y ello se debió en gran medida al acortamiento del ciclo del cultivo como consecuencia de las elevadas temperaturas invernales. En el sur de Córdoba también se registraron deficiencias hídricas durante un prolongado periodo de tiempo, especialmente durante los momentos en que el trigo transitaba estadios reproductivos sensibles para la generación de un buen rendimiento. Simultáneamente, sectores del núcleo norte (Córdoba y Santa Fe) también registraron condiciones ambientales de elevada humedad, las que favorecieron la aparición de enfermedades afectando la sanidad del cultivo y en menor medida el rendimiento de la cosecha. Producto del exceso de agua no se pudieron controlar las enfermedades ya que había “falta de pisos” en caminos y lotes y tampoco se pudo refertilizar lo que promovió el lavado de nutrientes en el suelo.

En síntesis sequías y lluvias por debajo de los valores medios (1995/96), igual situación en 1997/98, afectando pronunciadamente a la provincia de Córdoba y Santa Fe. En la campaña 2001/02 la crisis económica financiera que afectó la economía nacional acompañada por inconvenientes meteorológicos generaron una considerable disminución del área sembrada, además durante el período de desarrollo del cultivo se presentaron excesos hídricos que produjeron enfermedades y como consecuencias caídas en los rendimientos. La producción de 2008/09 fue nuevamente afectada por una extrema sequía, mientras que en la del 2009/10 cae el área sembrada como consecuencia de la falta de lluvias en el momento de la siembra, condiciones adversas se mantienen durante todo el periodo de desarrollo del cultivo. Por último la campaña 2013/14, las provincias afectadas, Córdoba y Santa Fe, sufrieron sequías durante la siembra, desarrollo del cultivo y enfermedades producto de los excesos hídricos en el norte de Córdoba y Santa Fe que dieron como resultado fuertes caídas en el rendimiento, totalmente identificados por el modelo aplicado en este estudio. En el

apartado siguiente se presenta la valuación económica de las pérdidas ocasionadas por las situaciones climáticas descritas en los últimos párrafos.

7.1.3 Estimación de la pérdida económica de producción a nivel provincial en el cultivo de trigo

Las próximas tablas contienen la valuación económica de la pérdida de producción como consecuencia de los eventos climáticos adversos, calculadas a partir de la suma de las pérdidas por departamentos de cada una de las provincias que forman el universo de estudio, Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. El precio utilizado para la obtención del resultado es el precio promedio anual del trigo blando: Wheath USSEW, cuya información fue obtenida de las series de precios de commodity del Fondo Monetario Internacional. La utilización de este valor obedece a que alrededor de 7 millones de toneladas de trigo¹⁹ son consumidas en el mercado interno de Argentina y cuando se producen situaciones de baja en la producción de este cereal su precio aumenta y puede llegar a pagarse por una tonelada más de lo que se abona en el mercado internacional. A su vez la otra variedad informada por el FMI “Weath USHRW” que es la más semejante a la que se produce en Argentina, es más cara, por lo tanto para evitar sobrevaluación de las pérdidas se utilizó el precio de la variedad mencionada que tiene menor valor.

La tabla siguiente contiene las pérdidas totales en la producción de trigo por eventos de sequías, de acuerdo con la metodología de eventos extremos y la cota de desviación estándar calculada como la suma de las pérdidas de los partidos considerados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa fe²⁰. Este monto asciende a un total de u\$s 676.95 millones a valores corrientes y u\$s 981.85 millones, valor actualizado al año 2016.

¹⁹ La producción total del año 2014/15 fue aproximadamente de 14 millones de toneladas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Dirección de Estimaciones agrícolas y delegaciones.

²⁰ Los resultados sobre la significatividad de los coeficientes se presenta en el punto

Tabla 22: Estimación de pérdidas de cultivo de trigo por eventos de sequía
-Diferencia respecto a la desviación estándar- En millones de dólares corrientes y
actualizados de 2016

Año	Valor Buenos Aires		Valor Santa fe		Valor Córdoba	
	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016
1996	33.53	73.47	12.14	26.6	8.62	18.89
1998	1.47	2.98	17.70	35.86	6.86	13.89
2002	23.15	40.09	22.59	39.12	-	-
2003	81.24	135.27	11.75	19.56	1.79	2.98
2009	172.49	226.99	42.38	55.77	37.42	49.24
2010	96.85	122.55	4.24	5.36	11.53	14.59
2014	0	0	33.08	35.78	58.12	62.86
Total	408.73	601.35	143.88	218.05	124.34	162.45

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, la pérdida económica por sequía en dólares de 2016 es de u\$s 601.35 millones para la provincia de Buenos Aires (61% del total), de u\$s 218.05 millones para Santa fe (22% del total) y de u\$s 162.45 millones para Córdoba (17% del total).

En cambio, si las valuaciones se realizan respecto al rinde de tendencia, el valor de la pérdida representa la variabilidad total, y nuevamente a partir de la suma de las pérdidas de cada uno de los partidos que conforman la muestra para cada una de las provincias dichos valores se presentan a continuación:

Tabla 23: Estimación de pérdidas de cultivo de trigo por eventos de sequía
-Diferencia respecto a la media- En millones de dólares corrientes y actualizados de
2016

Año	Valor Buenos Aires		Valor Santa fe		Valor Córdoba	
	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016
	1996	129.23	283.16	55.35	121.28	34.71
1998	6.83	13.84	39.32	79.66	31.97	64.77
2002	62.02	107.39	87.67	151.82	-	-
2003	177.25	295.13	27.43	45.67	11.78	19.61
2009	362.11	476.51	80.86	106.41	88.71	116.74
2010	174.18	220.39	11.71	14.82	27.70	35.05
2014	-	-	112.66	121.85	118.64	128.32
Total	911.62	1396.42	415	641.51	313.51	440.54

Fuente: elaboración propia

De la tabla 23, surge que la pérdida de las tres provincias en millones de dólares de 2016 es u\$s 2.478.47 millones de los cuales el 56% corresponde a la provincia de Buenos Aires, el 26% y el 18% a las provincias de Santa Fe y Córdoba respectivamente.

Por lo tanto, las pérdidas totales de ingresos más importantes, de acuerdo a ambas cotas, corresponden a los años 2003, 2009, 2010 las que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 24: Pérdidas de ingresos en los años 2003, 2009 y 2010 en millones de dólares corrientes-Según desvió estándar y media-

Provincia	2003		2009		2010	
	Desvió estándar	Media	Desvió estándar	Media	Desvió estándar	Media
Buenos Aires	81.24	177.25	172.49	362.11	96.85	174.18
Santa Fe	135.27	27.43	226.99	80.86	122.55	11.71
Córdoba	1.79	11.78	37.42	88.71	11.53	27.70
Total	218.3	216.46	436.9	531.68	230.93	213.59

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, se destaca la pérdida producida por el evento correspondiente al año 2009, tanto en términos de desvío estándar como por la media. Si se calcula la pérdida total, es decir, la suma correspondiente a los años 2003, 2009 y 2010 se obtiene los resultados a valores corrientes que se muestran a continuación:

Tabla 25: Pérdida total en millones de dólares corrientes y actualizados de 2016 según cotas, años 2003, 2009, 2010
-Según desvío estándar y media-

Año	Desvío estándar		Media	
	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016	En dólares corrientes	En dólares actualizados de 2016
2003	218.3	363.49	216.46	360.42
2009	436.9	574.93	531.68	699.65
2010	230.93	292.20	213.59	270.26
Total	886.13	1230.62	961.73	1330.33

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la última tabla, la pérdida económica de la sequía de la Campaña 2008/09 ascendió a u\$s 699.65 millones según la medición a partir de la cota media y del total de las tres provincias. Este valor representa un 53% del total, seguido por la del 2003 con el 27% del total de las pérdidas de las campañas que fueron más afectadas.

Como en el caso del cultivo de soja la campaña que se presentó con mayores pérdidas fue el 2008/09 con un total de u \$ s 700 millones aproximadamente. Sin afectar partidos de la provincia de Buenos Aires la campaña 2013/14 presenta también considerables valores tomando en cuenta que solo se ven dos de las tres provincias afectadas con pérdidas de rendimientos extremos -Tabla 23-.

7.1.4 Síntesis del anexo

En síntesis en este anexo se proporcionó una estimación de la pérdida de ingresos en la producción de trigo a nivel de partido de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe que representan el 86% de la producción del trigo en Argentina.

Para ello se utilizó un modelo de tendencia lineal que captó todos los eventos de sequía registrados en los años 1989, 1996, 1997, 2003, 2008 y 2011. También identificó el evento de exceso hídrico en la campaña 2013/14 que determinó una marcada caída en

los rendimientos de casi todos los partidos de la muestra de la provincia de Santa Fé y Córdoba. Por otro lado se revisaron y comentaron los informes semanales y los resúmenes anuales elaborados por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, donde se explicitan las condiciones climáticas por provincia en cada uno de los momentos del cultivo (siembra desarrollo y cosecha). La información aportada por estos informes muestra que en todos los años que el modelo aplicado detecto pérdidas extremas en los rendimientos coincide con condiciones climáticas adversas en general asociadas a situaciones de sequía. Por último se presentan las tablas que contienen los valores de las pérdidas calculadas a partir de la suma de la pérdida por departamento de cada una de las provincias de la muestra utilizada por cultivo. Destacándose tanto en la producción de soja como en la de trigo el impacto de las fuertes sequías de la campaña 2008/09 seguida por la de 1996/97. A su vez es importante destacar la eficiencia del modelo utilizado que detecta las campañas donde se produjeron caídas en la producción coincidentes con situaciones climáticas extremas.

7.1.5 Estudio de la significatividad de los coeficientes de la estimación del cultivo de trigo por departamento

Tabla 26: Provincia de Buenos Aires

Departamentos	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Tres Arroyos	50.23706	5.707091	8.802570	0.0000
Coronel Suarez	28.42220	5.570477	5.102293	0.0000
General Villegas	50.01227	6.408721	7.803783	0.0000
Adolfo Alsina	23.99420	4.777512	5.022322	0.0000
Coronel Dorrego	34.79679	4.813521	7.228969	0.0000
Puan	21.12914	5.696546	3.709114	0.0006
Necochea	69.74246	5.997901	11.62781	0.0000
Coronel Pringles	26.42547	6.027789	4.383941	0.0001
Saveedra	21.55825	5.728326	3.763446	0.0005
Tornquist	18.63898	5.533933	3.368125	0.0016
Guamini	32.11933	4.364344	7.359487	0.0000
Pehuajo	42.55048	4.712629	9.029032	0.0000
Adolfo G. Chaves	39.91613	5.985303	6.669023	0.0000
Tandil	66.39248	6.819562	9.735592	0.0000
Trenque Lauquen	44.09960	4.854562	9.084156	0.0000
Loberia	58.18446	6.868621	8.471054	0.0000
Gral La Madrid	30.59716	5.731747	5.338191	0.0000
General Pinto	53.85125	4.946347	10.88707	0.0000
Azul	62.31058	7.370661	8.453865	0.0000
Olavarria	47.90108	5.887214	8.136460	0.0000
Balcarce	59.78224	6.975870	8.569861	0.0000
General Alvarado	59.83540	6.980410	8.571904	0.0000
San Cayetano	41.17712	5.396740	7.629999	0.0000
Lincoln	59.19383	4.906731	12.06380	0.0000
25 de Mayo	63.10718	8.216756	7.680304	0.0000
Rivadavia	46.83312	5.132038	9.125637	0.0000
Vilarino	13.89596	4.688925	2.963570	0.0049
Carlos Tejedor	39.46210	5.289748	7.460111	0.0000
Gral Pueyrredon	60.21283	7.071860	8.514426	0.0000
Patagones	6.547949	4.632084	1.413608	0.1645
Rojas	65.64903	6.030441	10.88627	0.0000
Junin	60.34129	6.102743	9.887569	0.0000
L. N Alem	57.52211	5.216068	11.02787	0.0000
Benito Juarez	63.61338	7.032107	9.046134	0.0000
Chacabuco	61.80432	6.511124	9.492112	0.0000
F. Ameghino	65.49323	29.85319	2.193844	0.0416

Daireaux	52.12803	5.096120	10.22897	0.0000
9 de Julio	60.52421	6.936106	8.725964	0.0000
G. Arenales	64.87370	6.507047	9.969760	0.0000
Carlos Casares	36.22405	5.983458	6.054033	0.0000
G. Viamonte	63.13457	5.624363	11.22519	0.0000
Rosales	12.91792	4.473134	2.887889	0.0060
Pergamino	55.78649	6.961917	8.013093	0.0000
Salto	58.54906	6.961283	8.410671	0.0000

Tabla 27: Provincia de Córdoba

Departamento	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
San Justo	27.42208	7.242652	3.786193	0.0005
General Roca	37.14265	5.211193	7.127475	0.0000
Roque S. Peña	42.27203	5.544244	7.624490	0.0000
Río Segundo	25.64311	6.510058	3.938999	0.0003
Unión	41.26864	7.408299	5.570596	0.0000
General S. Martín	32.29053	6.414459	5.034023	0.0000
Marcos Juarez	41.71397	7.155372	5.829742	0.0000
Río Primero	27.50811	6.124536	4.491461	0.0001
Río Cuarto	24.23318	4.926260	4.919184	0.0000
Juarez Celman	23.96657	4.742251	5.053839	0.0000
Totoral*	36.89482	8.109932	4.549338	0.0001
Tercero Arriba	17.46685	5.490087	3.181526	0.0027

*Información dudosa (incompleta)

Tabla 28: Provincia de Santa Fe

Departamento	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
General Lopez	51.89146	5.705916	9.094326	0.0000
Castellanos	34.81122	7.035855	4.947690	0.0000
San Martín	34.71520	7.267691	4.776648	0.0000
Las Colonias	34.03589	5.535936	6.148173	0.0000
San Jerónimo	36.24965	6.966469	5.203446	0.0000
Iriondo	37.06075	6.838944	5.419074	0.0000
Constitución	41.32488	7.124242	5.800601	0.0000
Belgrano	33.06735	6.686119	4.945671	0.0000
Rosario	36.57342	7.249806	5.044745	0.0000
Caseros	37.58230	7.310750	5.140690	0.0000
General Obligado	16.50040	4.368339	3.777271	0.0005
San Lorenzo	39.35072	7.347497	5.355664	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

7.1.6 Comentario sobre los resultados estadísticos

Hipótesis nula: $\beta_i = 0$ Hipótesis de contraste: $\beta_i \neq 0$ P – valor < 0.05

La salida de la regresión muestra (en la columna llamada *Probability*) la “*probabilidad de rechazar la hipótesis nula del contraste cuando esta es cierta*”. Estadísticamente, es común dar por bueno un resultado cuando se puede rechazar la hipótesis nula con un 95% de confianza o más, es decir, si la probabilidad es menor al 5% (0.05) se rechaza la hipótesis nula, la que indica que el parámetro es igual a cero, es decir, no es significativo.

En el modelo expuesto, los valores de “Prob.” para la “T-Statistic” son (casi) todos inferiores a 0,05. En esos casos se puede decir que la probabilidad de equivocarse cuando se rechaza la hipótesis nula (no hay significatividad individual) es de menos del 5%.

7.1.7 Estudio de la significatividad de los coeficientes de la estimación del cultivo de soja por departamento

Tabla 29: Provincia de Buenos Aires

Partido	Coficiente	Std. Error	t- Stadistico	Prob.
Pergamino	0.054437	0.005230	10.40819	0.0000
25 de Mayo	0.039634	0.006690	5.924682	0.0000
9 de Julio	0.050644	0.006830	7.415128	0.0000
Lincoln	0.049640	0.004848	10.23893	0.0000
Junin	0.049931	0.006155	8.111860	0.0000
Rivadavia	0.045914	0.007525	6.101543	0.0000
Rojas	0.054472	0.006030	9.033412	0.0000
Chacabuco	0.052435	0.007062	7.424549	0.0000
Necochea	0.020905	0.009877	2.116487	0.0433
General Arenales	0.060104	0.005929	10.13730	0.0000
Salto	0.052537	0.005378	9.768668	0.0000
Tres arroyos	0.015114	0.010429	1.449117	0.1597
Trenque Lauquen	0.035015	0.007093	4.936764	0.0000
Pehuajó	0.038885	0.007638	5.091019	0.0000
Bragado	0.046594	0.006139	7.590006	0.0000
Saladillo	0.049157	0.009156	5.369046	0.0000
Lobería	0.001401	0.006015	0.232911	0.8174
Chivilcoy	0.045453	0.006793	6.691583	0.0000
Baradero	0.044731	0.006767	6.610419	0.0000
Tandil	0.013137	0.005038	2.607489	0.0141
General Viamonte	0.050635	0.005808	8.718229	0.0000
Daireaux	0.035447	0.006212	5.706401	0.0000
General Pinto	0.052002	0.006794	7.654150	0.0000
Leandro N Alem	0.053096	0.005003	10.61364	0.0000

Ramallo	0.049430	0.006406	7.716579	0.0000
Colon	0.059303	0.005019	11.81546	0.0000
Arrecifes	0.040845	0.007687	5.313575	0.0000
Coronel Suarez	0.006294	0.009597	0.655859	0.5171
San Andres de Giles	0.053356	0.006902	7.730992	0.0000
Bolivar	0.037012	0.008603	4.302003	0.0002
Alberti	0.044225	0.007495	5.900473	0.0000
San Pedro	0.047073	0.006590	7.142628	0.0000
San Cayetano	0.012438	0.010017	1.241764	0.2258
San Nicolas	0.049831	0.006097	8.173269	0.0000
San Antonio de Areco	0.048941	0.006850	7.144718	0.0000
San Nicolás	0.049831	0.006097	8.173269	0.0000
Juárez	0.012802	0.006046	2.117364	0.0426
Balcarce	0.002940	0.006397	0.459510	0.6492
Azul	-0.001887	0.007592	-0.248567	0.8054
Carlos Casares	0.042307	0.007311	5.786463	0.0000
Coronel Pringles	-0.013303	0.008380	-1.587429	0.1241
Carlos Tejedor	0.041559	0.007542	5.510176	0.0000
Lobos	0.043247	0.007805	5.541022	0.0000
Olavarría	0.010604	0.007075	1.498858	0.1447
Roque Perez	0.047880	0.011335	4.224218	0.0002
Hipólito Yrigoyen	0.030316	0.004810	6.303329	0.0000
Navarro	0.045774	0.008320	5.501398	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Provincia de Córdoba

Partido	Coefficiente	Std. Error	t-Statístico	Prob.
Marcos Juárez	0.051262	0.004823	10.62822	0.0000
Union	0.042439	0.006254	6.786062	0.0000
Río Cuarto	0.022741	0.005368	4.236419	0.0001
San Justo	0.027116	0.006442	4.208914	0.0001
General Roca	0.038156	0.007215	5.288143	0.0000
Presidente Roque	0.038592	0.006431	6.001335	0.0000
Río Segundo	0.023992	0.007126	3.366689	0.0017
Tercero Arriba	0.030604	0.005949	5.144821	0.0000
Río Primero	0.026495	0.008100	3.270809	0.0024
Juárez Celman	0.025096	0.005350	4.690806	0.0000
Gral San Martín	0.030014	0.006694	4.483972	0.0001
Colon	0.031958	0.007505	4.258178	0.0001
Santa María	0.024655	0.005640	4.371513	0.0001
Río Seco	0.014262	0.012823	1.112241	0.2752
Totoral	0.026738	0.010452	2.558154	0.0156
Tulumba	0.002399	0.013406	0.178930	0.8592
Calamuchita	0.025996	0.005096	5.101236	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Provincia de Santa Fe

Partido	Coficiente	Std. Error	t-Statistic	Prob.
General López	0.048467	0.004593	10.55139	0.0000
San Martín	0.052385	0.005036	10.40182	0.0000
Caseros	0.046033	0.004616	9.971487	0.0000
Iriondo	0.046478	0.004431	10.48853	0.0000
Constitución	0.042610	0.004275	9.966375	0.0000
Castellanos	0.042381	0.005141	8.243000	0.0000
Las Colonias	0.036491	0.005006	7.288804	0.0000
San Jerónimo	0.041654	0.005419	7.686418	0.0000
Belgrano	0.042241	0.004138	10.20883	0.0000
San Lorenzo	0.045189	0.004792	9.430147	0.0000
Rosario	0.040291	0.004532	8.890813	0.0000
San Justo	0.019574	0.004762	4.110731	0.0002
San Cristobal	0.030721	0.004655	6.598875	0.0000
Gral Obligado	0.008552	0.005871	1.456640	0.1523
9 de Julio	0.021448	0.006566	3.266387	0.0022
La Capital	0.030778	0.004880	6.306483	0.0000
Vera	0.019297	0.006346	3.040986	0.0041
San Javier	0.010716	0.006317	1.696349	0.0974

Fuente: Elaboración propia.

7.1.8 Total y porcentaje de partidos afectados por condiciones climáticas extremas por cantidad de desviaciones estándar en la producción de soja

Tabla 32: Provincia de Buenos Aires.

Año	Casos		Casos	
	1 SD	%	2 SD	%
2000	21	47%	1	2%
2001	4	9%	0	-
2002	0	-	0	-
2003	4	9%	0	-
2004	2	4%	0	-
2005	0	-	0	-
2006	0	-	0	-
2007	1	2%	1	2%
2008	3	7%	0	-
2009	44	98%	41	91%
2010	0	-	0	-
2011	3	7%	0	-
2012	6	13%	0	-
2013	0	-	0	-
2014	5	11%	0	-
2015	3	7%	0	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Provincia de Córdoba

Año	Casos		Casos	
	1 SD	%	2 SD	%
2000	1	6%	0	-
2001	0	-	0	-
2002	0	-	0	-
2003	2	12%	0	-
2004	9	53%	1	6%
2005	2	12%	0	-
2006	0	-	0	-
2007	0	-	0	-
2008	0	-	0	-
2009	10	59%	1	6%
2010	3	18%	1	6%
2011	3	18%	2	12%
2012	13	76%	3	18%
2013	7	41%	0	-
2014	0	-	0	-
2015	0	-	0	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Provincia de Santa Fe.

Año	Casos		Casos	
	1 SD	%	2 SD	%
2000	5	28%	1	6%
2001	0	-	0	-
2002	1	6%	0	-
2003	0	-	0	-
2004	4	22%	0	-
2005	2	11%	0	-
2006	2	11%	0	-
2007	0	-	0	-
2008	4	22%	1	6%
2009	15	83%	11	61%
2010	0	-	0	-
2011	0	-	0	-
2012	10	56%	0	-
2013	0	-	0	-
2014	1	6%	0	-
2015	0	-	0	-

Fuente: Elaboración Propia.

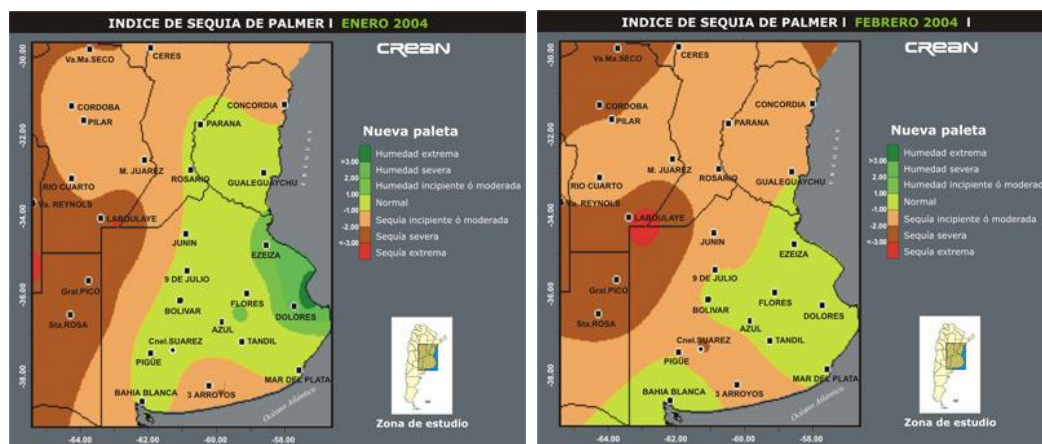
7.2 ANEXO 2: ÍNDICE DE SEQUÍA DE PALMER

7.2.1 Introducción

El Índice de Sequía de Palmer (PDI) (1965) fue desarrollado como un índice "para medir la deficiencia de humedad". Se basa en el concepto de demanda-suministro de agua, teniendo en cuenta el déficit entre la precipitación real y la precipitación necesaria para mantener las condiciones de humedad climática o normal. El procedimiento de cálculo requiere como datos de entrada, la Evapotranspiración Potencial, la precipitación mensual y el contenido de agua útil del suelo.

El índice es realizado en el Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN) de la Universidad Nacional de Córdoba.

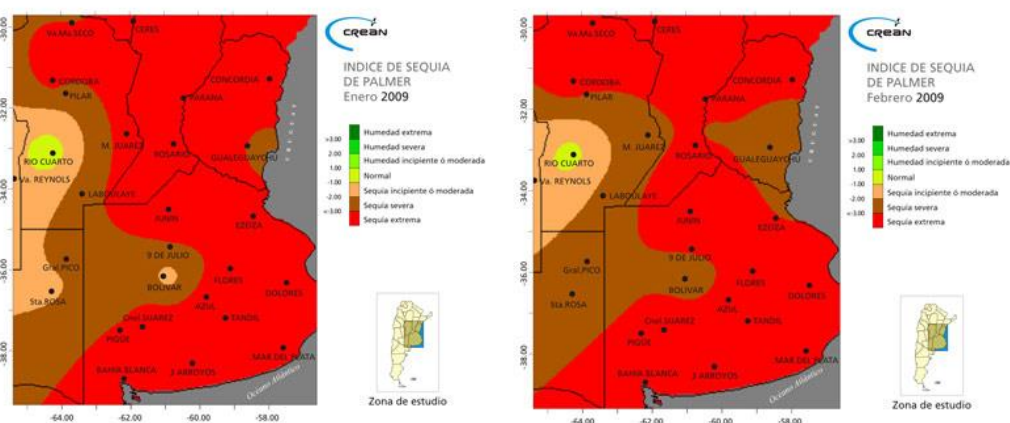
Figura 7. Índice de Sequía de Palmer. Enero y febrero de 2004



Fuente: CREAN

En enero de 2004 se registra sequía incipiente en Córdoba, Santa Fe y este de Buenos Aires. Se registra sequía severa en el Sur de Córdoba y Noroeste de Buenos Aires. En tanto, durante febrero se extiende el área de sequía severa de Buenos Aires y Córdoba, y se extiende la sequía incipiente hacia el centro de la provincia de Buenos Aires.

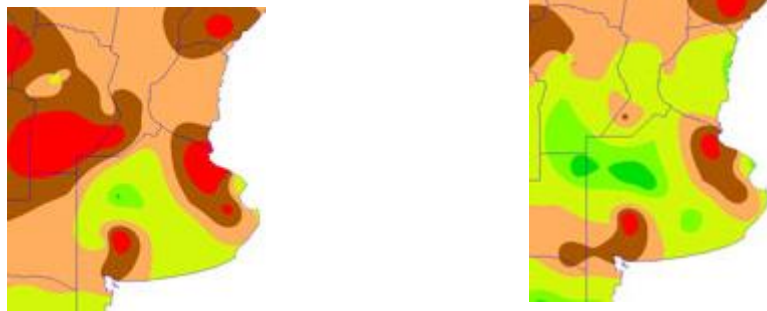
Figura 8. Índice de Sequía de Palmer. Enero y febrero de 2009



Fuente: CREAN

En enero y febrero de 2009 se registran índices de sequía severa y extrema en las tres provincias núcleo productoras de soja, prevaleciendo la situación extrema durante ambos meses.

Figura 9. Índice de Sequia de Palmer. Enero y febrero de 2012



Fuente: CREAN

Durante enero de 2012 se registra severa en Córdoba, siendo de carácter extremo en el sur de dicha provincia. En toda la provincia de Santa Fe se registra sequía incipiente y severa en la zona sur. Durante febrero no se registran sequías considerables.

7.3 ANEXO 3

7.3.1 Variaciones porcentuales de área sembrada y cosechada, rendimientos y producción de la soja y el trigo a nivel provincial

Las siguientes tablas muestran la variación de las principales variables, área sembrada y cosechada, rendimientos y producción del total provincial de cada una de las provincias que forman parte de la muestra de este estudio de las campañas identificadas por el modelo con disminución de rendimientos extremos, tanto de la soja como del trigo.

Tabla 35: Porcentaje de variación con respecto al año anterior de la soja en el valor total provincial

Provincia	Área sembrada	Área cosechada	Producción	Rendimiento
1988/89				
Buenos Aires	14%	13%	-2%	-13%
Córdoba	6%	-11%	-42%	-35%
Santa Fe	5%	-18%	-44%	-32%
1995/96				
Buenos Aires	-5%	-6%	-9%	-3%
Córdoba	7%	8%	31%	21%
Santa Fe	3%	3%	1%	-2%
1996/97				
Buenos Aires	13%	9%	6%	-2%
Córdoba	11%	8%	-16%	-23%
Santa Fe	4%	1%	-27%	-28%
2003/04				
Buenos Aires	29%	28%	10%	-14%
Córdoba	17%	17%	-15%	-27%
Santa Fe	7%	8%	-11%	-17%
2008/09				
Buenos Aires	29%	23%	-45%	-55%
Córdoba	11%	10%	-12%	-20%
Santa Fe	-1%	-2%	-30%	-28%
2011/12				
Buenos Aires	1%	-1%	0%	0%
Córdoba	-1%	-4%	-20%	-17%
Santa Fe	0%	-3%	-16%	-14%

Fuente: Elaboración propia con información proveniente de la Secretaría de Agricultura y Pesca.

Tabla 36. Porcentaje de variación con respecto al año anterior del trigo en el valor total provincial

Año/Provincia	Área sembrada	Área cosechada	Producción	Rendimiento
1995/96				
Buenos Aires	3%	-2%	-13%	-10%
Córdoba	-25%	-29%	-47%	-26%
Santa Fe	-12%	-13%	-24%	-13%
1997/98				
Buenos Aires	-17%	-17%	-1%	19%
Córdoba	-36%	-39%	-42%	-6%
Santa Fe	-22%	-28%	-37%	-12%
2001/02				
Buenos Aires	0.4%	-3%	-12%	-10%
Córdoba	25%	21%	21%	-12%
Santa Fe	9%	9%	-4%	-11%
2002/03				
Buenos Aires	-8%	-9%	-21%	-14%
Córdoba	-8%	-6%	-25%	-21%
Santa Fe	-24%	-27%	-23%	6%
2008/09				
Buenos Aires	-10%	-15%	-28%	-15%
Córdoba	-39%	-43%	-71%	-48%
Santa Fe	-53%	-57%	-80%	-54%
2009/10				
Buenos Aires	-18%	-17%	5%	27%
Córdoba	-72%	-73%	-74%	-6%
Santa Fe	-10%	-3%	91%	97%
2013/14				
Buenos Aires	32%	38%	53%	11%
Córdoba	49%	34%	-25%	-44%
Santa Fe	28%	28%	-3%	-24%

Fuente: Elaboración propia con información proveniente de la Secretaría de Agricultura y Pesca.

7.4 ANEXO 4.

7.4.1 FENOLOGÍA DE LOS CULTIVOS

Figura 10. Fenología de la soja y períodos críticos en la provincia de Buenos Aires

Fuente: Oficina de Riesgo Agropecuario. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agroindustria.

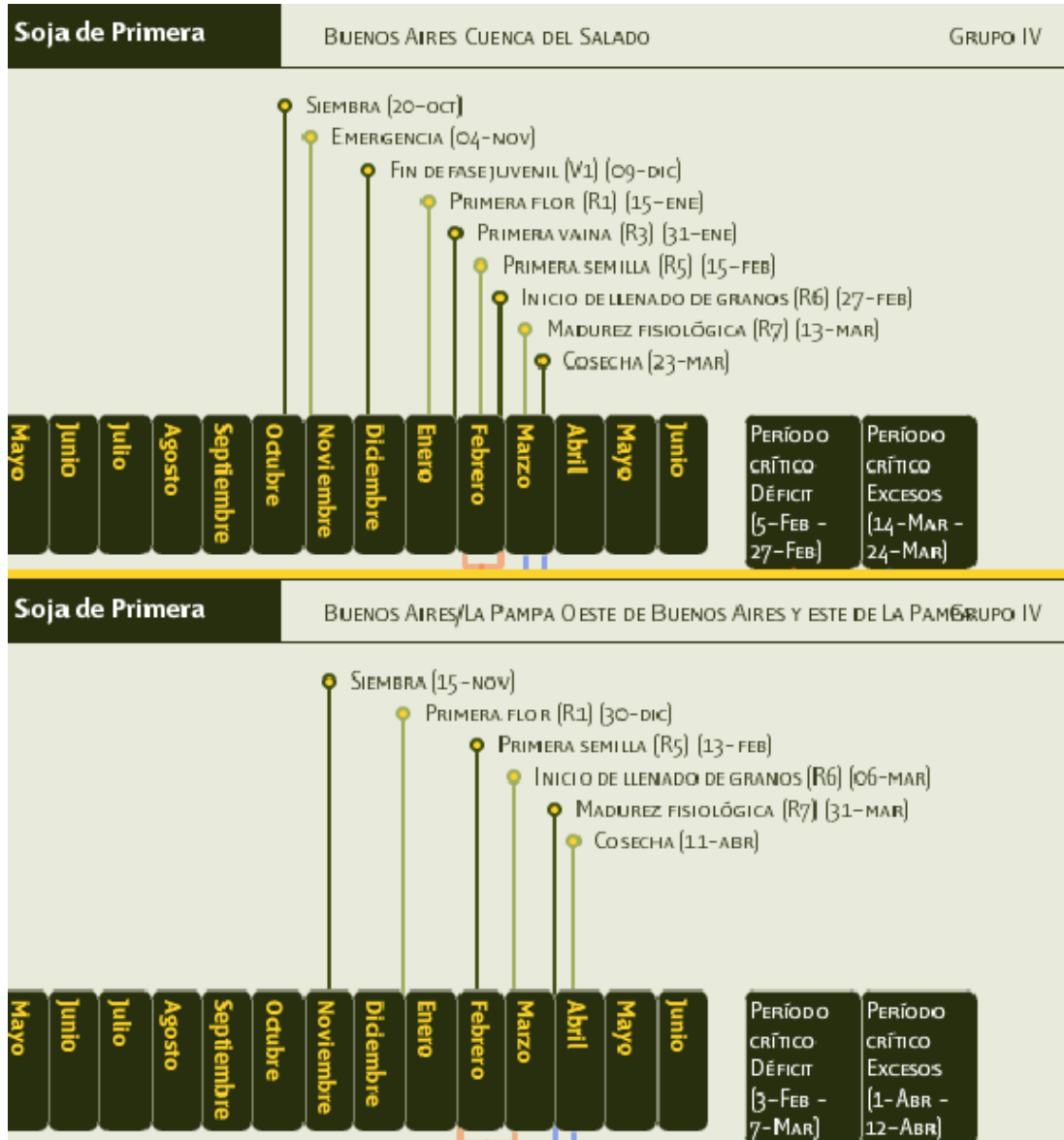


Figura 11. Fenología del trigo y períodos críticos en la provincia de Buenos Aires



Fuente: Oficina de Riesgo Agropecuario. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.
 Ministerio de Agroindustria.