



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas



ISSN 2683-7196

## Serie de Documentos de Trabajo del Programa de Vulnerabilidad Socioeconómica al Riesgo Climático

No. 9 –2023

### Valuación económica de las pérdidas ocasionadas por sequías en el cultivo de trigo en Argentina entre los años 2000-2021

Autores:

Casparri, María Teresa;  
Brunetta, Agustina;  
Corfield, Kevin;  
López Lazo, Santiago;  
Thomasz, Esteban Otto;  
Vilker, Ana Silvia

PROGRAMA DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA AL RIESGO CLIMÁTICO

Director: [Dr. Esteban Otto Thomasz](#)

Editor Responsable: Dr. Esteban Otto Thomasz

Universidad de Buenos Aires- Facultad de Ciencias Económicas

Av. Córdoba 2122 (C1120AAQ) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Los documentos de trabajo del ProVul muestran los avances de investigación realizados dentro del programa. Los autores son responsables de las opiniones expresadas en los documentos.



Esta es una obra bajo Licencia Creative Commons.

Se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribucientosnvestigacisz/" rtirlgual 4.0 Internacional.

## Resumen

El sector primario en Argentina posee una gran relevancia económica en términos de generación de divisas a través de las exportaciones, en el Producto Bruto Interno (PBI) y creación de empleo. El objetivo de este trabajo es realizar una valuación económica de los impactos de las sequías en el cultivo de trigo entre los años 2000 y 2021.

Para tal fin, se analizarán los efectos de la variabilidad climática, particularmente las sequías, sobre los rindes del cultivo de trigo en las diferentes regiones del país. La metodología desarrollada permite identificar la ocurrencia de eventos climáticos extremos asociados a sequías. Posteriormente se estima el impacto en términos de valor monetario. Los resultados muestran que tales pérdidas alcanzaron los US\$ 2.981 millones, a valor de enero de 2021.

Palabras clave: Trigo, sequía, eventos extremos, índice de Palmer.

## Abstract

The primary sector in Argentina has a large economic relevance in terms of foreign exchange generation through exports, Gross Domestic Product (GDP) and employment. The objective of this paper is to conduct an economic valuation of the impacts of droughts on wheat crops between 2000 and 2021.

To this end, the effects of climate variability, particularly droughts, on wheat yields in different regions of the country will be analyzed. The methodology developed allows identifying the occurrence of extreme climatic events associated with droughts. Subsequently, the impact is estimated in terms of monetary value. The results show that such losses reached US\$ 2,981 million, as of January 2021.

Key words: wheat, drought, extreme events, Palmer index.

## 1. Introducción

En muchos países de Latinoamérica el crecimiento y desarrollo económico se encuentran directamente vinculados a la exportación de recursos naturales, a través de su importancia relativa en las exportaciones inciden en la oferta de divisas. Particularmente en Argentina el sector agrícola posee una alta incidencia tanto en las exportaciones como en la actividad económica interna. El sector oleaginoso y el cerealero generaron el 46,6% de las divisas en el período comprendido entre 2018 y 2021<sup>1</sup>. En términos de producción, el sector “Agricultura, ganadería, caza y silvicultura” representó el 8,2% del valor Agregado Bruto Total (VAB) en 2021<sup>2</sup>.

En particular, la producción de trigo está orientada tanto a la exportación como al mercado interno. El complejo triguero representó el 4,5% de las exportaciones totales en el período comprendido entre 2018 y 2021<sup>3</sup>. En cuanto a la demanda interna, la harina resultante de la molienda de trigo es utilizada ampliamente como insumo en la producción de los alimentos que integran la canasta básica de la población argentina, en otras palabras, se consume internamente el 90% de las harinas producidas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021).

En este contexto, el riesgo climático se convierte en una fuente de variación de los precios de los alimentos en el mercado interno y en un determinante de la producción y la oferta de divisas en el mercado cambiario. El objetivo de este trabajo es realizar una valuación económica de los impactos de las sequías en el cultivo de trigo en el período comprendido entre los años 2010 y 2021. Este documento, complementa las valuaciones de riesgo climático ya realizadas para la soja (Thomasz, et al., 2017) y el maíz (Thomasz, Vilker Pérez-Franco y García-García, 2023).

Este documento presenta en primer lugar la relevancia del cultivo de trigo y el concepto de la variabilidad climática. Luego se describen los materiales y la metodología utilizada. Continúan los resultados obtenidos y su impacto a nivel macroeconómico dada la importancia que el complejo de trigo tiene en el sector agrícola argentino, sin que esto implique desconocer el impacto que el cultivo tiene en el mercado interno, tema no tratado en este estudio. Por último se encuentra una síntesis y las principales conclusiones.

## 2. Relevancia del cultivo de trigo

El trigo es el principal cultivo de invierno y el tercer producto más sembrado en Argentina, luego de la soja y el maíz. Es un cultivo relevante para la población argentina ya que es insumo en la producción de los principales alimentos que componen la canasta de consumo en Argentina y simultáneamente es uno de los *commodities* de exportación.

---

<sup>1</sup> INDEC. Exportaciones por complejos exportadores. Revisión 2018. Años 2018-2021.

<sup>2</sup> INDEC. Series por sector de actividad económica: valor bruto de producción y valor agregado bruto. Años 2004-2022, por trimestre.

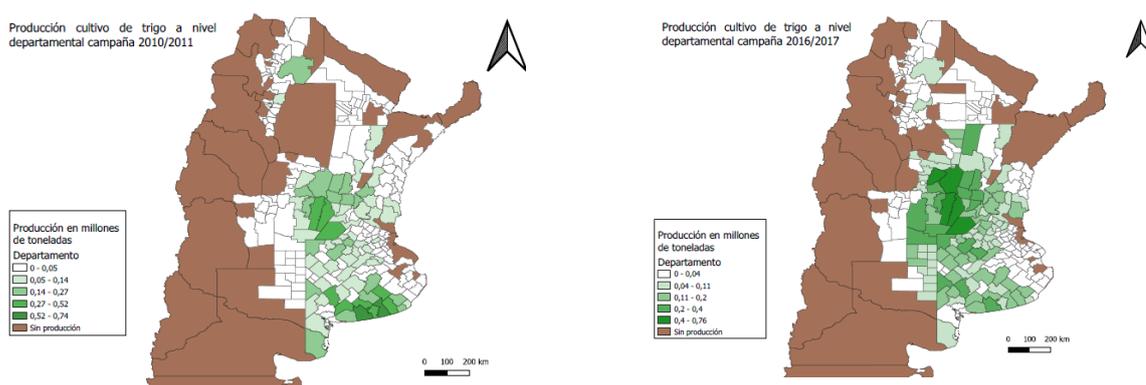
<sup>3</sup> INDEC. Exportaciones por complejos exportadores. Revisión 2018. Años 2018-2021.

En Argentina el complejo triguero es el cuarto complejo exportador agroindustrial luego de soja, maíz y bovinos. En el año 2021 representó un 4,5% en la participación total de las exportaciones del país, con un aumento interanual del 41,2%. Los principales destinos fueron MERCOSUR (principalmente Brasil), la región de Magreb y Egipto, ASEAN (principalmente Indonesia), ALADI (principalmente Chile y Bolivia). Asimismo, el complejo triguero constituyó el 25% de las exportaciones del sector cerealero, solo precedido por el complejo maicero (INDEC, 2021).

El complejo triguero no sólo se caracteriza por su nivel de exportaciones, sino también por ser una fuente de empleo importante, especialmente en las economías regionales. Es relevante destacar que la importancia cada vez mayor del trigo se ve reflejada en la superficie sembrada, la cual aumentó en 2021 un 24,6% con respecto al promedio de los cinco años anteriores (Bolsa de Cereales, 2021).

El trigo se cultiva en gran parte del país, actualmente en 13 provincias. Las principales regiones productoras son el Sudeste, Sudoeste, Centro y Oeste de Buenos Aires, el Norte de La Pampa, el Sur y Centro-Norte de Córdoba, Núcleo Sur, Núcleo Norte y Centro-Norte de Santa Fe.

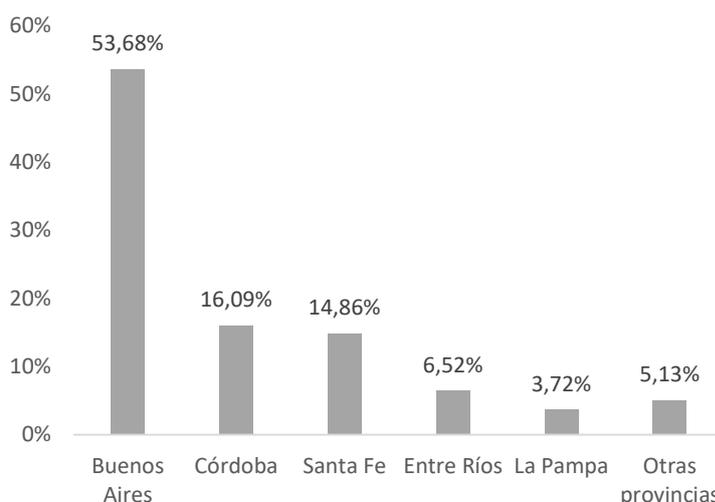
Figura 1. Mapa de producción de trigo por departamento de las campañas 2010/11 y 2016/17



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

La principal provincia en la que se produce trigo es Buenos Aires, representando el 53,68% de la producción total del país en los últimos diez años. La producción de trigo también es muy importante en Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa, las cuales representan el 16,09%, el 14,86%, el 6,52% y el 3,72%, respectivamente. Las cinco provincias mencionadas representan en su conjunto el 94,86% de la producción total del país en la última década. En la figura 2 puede observarse la importancia, en términos relativos, de la producción de la provincia de Buenos Aires.

Figura 2. Producción porcentual del trigo a nivel provincia



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

En todos los cultivos, incluido el trigo, se busca adecuar los recursos del ambiente con sus requerimientos dado que la existencia de déficit hídricos impacta de forma directa en la producción de los mismos. Durante el período crítico es importante que el cultivo disponga de todos los recursos ambientales que necesita porque es el momento en que se define, en el caso del trigo, el número de granos que se espera se logren cosechar. El período crítico para el trigo comprende 20 días previos a la floración y 10 días posteriores a la misma. Puede variar dependiendo de la zona o provincia en donde se siembre el cultivo, pero en términos generales el período crítico del trigo corresponde a los meses de octubre y noviembre<sup>4</sup>.

### 3. Variabilidad climática

El cambio climático refiere a los cambios de las variables climáticas en el largo plazo que generan cambios tendenciales, como por ejemplo el aumento del nivel del mar a escala global. El término variabilidad climática, en cambio, se refiere a cambios repentinos en las variables climatológicas en el corto plazo y a la ocurrencia de eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, entre otros.

La ocurrencia de fenómenos inciertos, como son los eventos climáticos extremos, afecta directamente al sector agrícola. En Argentina, en los últimos años el sector agrícola ha sufrido un incremento en la frecuencia de ocurrencias de catástrofes ocasionadas por fenómenos naturales, por ejemplo, inundaciones, desbordes de ríos, sequías, granizo, fuertes vientos y heladas. La valuación económica del riesgo climático y en particular del impacto de las sequías en el cultivo de trigo puede ser de utilidad como insumo en el

<sup>4</sup> Esta información fue extraída de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA). En el anexo I pueden observarse las distintas etapas del cultivo de trigo con sus respectivas fechas y el período crítico para algunos sectores de la provincia de Buenos Aires.

diseño de políticas de adaptación tendientes a mitigar el impacto de los eventos climáticos extremos a nivel sectorial y macroeconómico.

El sector agrícola cumple un papel fundamental en la economía argentina, representando un 67% de las exportaciones, considerando tanto los productos primarios como las manufacturas de origen primario en el año 2021 (INDEC, 2022). Por ello, el objetivo de este trabajo es cuantificar en términos económicos los impactos en el cultivo de trigo asociados a eventos de variabilidad climática, particularmente las sequías, entre los años 2000 y 2021.

## 4. Materiales y metodología

### 4.1 Materiales

El conjunto de datos utilizados corresponde a la escala disponible mínima en la que se sistematizan los datos en Argentina. Concretamente se tomó la información del cultivo de trigo perteneciente a 189 departamentos de las cinco provincias agrícolas más importantes de Argentina en términos de producción de trigo: Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa. La muestra consiste en un área geográfica de 6 millones de hectáreas sembradas de trigo que, como se mencionó anteriormente, representan el 94,86% de la producción total del cultivo de trigo en Argentina.

La información sistematizada a nivel departamental es la siguiente:

- Información agrícola: se consideró la información de superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento del cultivo del trigo desde la campaña 1969/70 hasta 2020/21, publicada por la Subsecretaría de Agricultura de Argentina<sup>5</sup>.
- Información económica: el precio internacional del trigo surge de los valores de las *commodities* del Banco Mundial. Los mismos se expresan en USD/tn.
- Información climática: se utilizó el índice de sequía de Palmer<sup>6</sup>, que utiliza datos de temperatura y precipitación para estimar diferentes situaciones climáticas como sequías extremas, severas o moderadas y situaciones de exceso hídrico. Sólo se utilizaron los resultados del índice para el período crítico del cultivo, octubre y noviembre, según la información de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) de Argentina.

### 4.2 Métodos

Para construir el escenario contrafáctico sobre el cual se compararon las desviaciones y consecuentemente se valoraron las pérdidas, se estimó un modelo de tendencia lineal

---

<sup>5</sup> Información provista por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Obtenida en la siguiente dirección: <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>

<sup>6</sup> El índice es realizado por el Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN) de la Universidad Nacional de Córdoba.

sobre los rindes de trigo. Se optó por el modelo lineal en lugar del logarítmico dado que, 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. 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.

La tendencia lineal, además de proveer el escenario de base para comparar el desempeño de una campaña, sirve a un segundo fin. La existencia de una tendencia lineal creciente refleja el impacto positivo del cambio tecnológico en los cultivos estudiados (Irwin et al., 2008; Irwin y Good, 2015). Esto permite construir una serie de rendimientos sin tendencia, cuya variabilidad se explica por otros fenómenos, como la presencia de plagas, adopción de prácticas agrícolas, adaptación de los agricultores y, en particular, las condiciones climáticas.

Dado que los desvíos de la tendencia no pueden ser adjudicados exclusivamente a eventos climáticos, la estrategia de identificación radica en seleccionar desviaciones extremas y en base a las propiedades de la serie se fija el límite de una desviación estándar (Irwin et al., 2008; Thomasz et al., 2017).

Luego, se analizaron los casos que superan la cota de desviación estándar con información climática. Para ello se utilizaron fuentes primarias y secundarias. Como fuente primaria se utilizó el índice de sequía de Palmer, el cual genera una mejor relación entre rendimientos de los cultivos dado que tiene en cuenta el déficit entre las precipitaciones reales y las precipitaciones necesarias 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 (Ravelo et al., 2016). Como fuente secundaria se utilizó como complemento el 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 en conjunto con las condiciones climáticas imperantes durante el proceso de la producción.

Se seleccionaron entonces los casos de desviaciones por encima de la cota que coincidan con procesos de sequía de acuerdo con el índice de Palmer. Vale destacar que a nivel empírico el 100% de los casos identificados se explican por condiciones climáticas adversas. Pueden existir casos de condiciones climáticas desfavorables que afecten los rindes por debajo de una desviación estándar, pero resulta más complejo aislarlo de otros fenómenos. En este sentido, la metodología resulta robusta, pero omite los casos de eventos climáticos que afectan en menor magnitud los rindes de los cultivos (por ejemplo, helada temprana o excesos hídricos).

Una vez identificados los casos, se estima el volumen de la pérdida a partir de la diferencia entre el producto de rendimiento de tendencia y la superficie sembrada y la producción observada. También se calculó la producción estimada considerando la pérdida de área sembrada. La pérdida total se valúa precios internacionales, dado que Argentina es precio-aceptante en el cultivo del trigo.

#### 4.2.1 Formalización

Con el rendimiento observado (producción total en toneladas dividida por las hectáreas totales de la superficie cosechada) se estimó el siguiente modelo lineal.

$$\widehat{R}_t = \beta_0 + \beta_1 * T_t \quad (7)$$

Donde  $\beta_0$  es la ordenada al origen de la recta de regresión,  $\beta_1$  representa la pendiente.  $\widehat{R}_t$  es el rendimiento tendencial estimado y  $T_t, t = 1, \dots, T$  es la tendencia.

Posteriormente se construyó la serie formado por la diferencia entre el rendimiento observado  $R_t$  (producción sobre el área cosechada) y el rendimiento estimado o tendencial  $\widehat{R}_t$  denominado:  $R_t^S$

$$R_t^S = R_t - \widehat{R}_t \quad (8)$$

La serie formada por esta diferencia (rendimiento sin tendencia), puede tomar valores positivos o negativos de acuerdo con si el rendimiento observado está por arriba o por debajo del rendimiento tendencial. Esta expresión 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 índice de rendimiento -IR-:

$$IR_t = 1 + \left( \frac{R_t^S}{\widehat{R}_t} \right) \quad (9)$$

Posteriormente, se calcula el desvío estándar de la serie de datos de  $IR_t - \sigma_{IR_t}$  y se computa un indicador binario de acuerdo a la siguiente clasificación:

$$IR_t = \begin{cases} 1 & \text{si } IR_t < 100\% - \sigma_{IR_t} \\ 0 & \text{si } IR_t > 100\% - \sigma_{IR_t} \end{cases} \quad (10)$$

El valor de  $IR_t < 100\% - \sigma_{IR_t}$  son potenciales casos de rendimientos afectados por shocks climáticos los que son contrastados con algún indicador climático.

La producción tendencial  $\widehat{Q}_t$  se define:

$$\widehat{Q}_t = \widehat{R}_t * AS_t \quad (11)$$

Donde  $AS_t$ : área sembrada en el período  $t$ .

Con  $\widehat{Q}_t$  se calculó el valor de la producción estimada  $V_t \widehat{Q}_t$ :

$$V_t \widehat{Q}_t = P_t^i * \widehat{Q}_t \quad (12)$$

Siendo  $P_t^i$  el precio del cultivo cuyo valor de producción tendencial se está calculando en el momento  $t$ . Conjuntamente con este valor se calculó el valor de la producción real:

$$V_t Q_t = P_t^i * Q_t \quad (13)$$

Finalmente, la pérdida de valor de la producción se define como:

$$P_t^i * Q_t - P_t^i * \widehat{Q}_t \text{ ó } (Q_t - \widehat{Q}_t) * P_t^i \quad (14)$$

Para considerar las pérdidas de área que se pueden producir ante un evento climático extremo se calculó la mediana de la relación entre el área cosechada y la sembrada en forma porcentual – $\text{Area } C_t \% S_t$  –:

$$\text{Area } C_t \% S_t = \frac{\text{Area cosechada}_t}{\text{Area sembrada}_t} \quad (15)$$

$$\text{Mediana } (\text{Area } C_t \% S_t) \Big|_{t=1}^{t=n} \quad (16)$$

Estableciendo como casos por pérdida de área los siguientes:

$$\text{Casos } \text{area}_t = \begin{cases} 1 & \text{si } \text{Area } C_t \% S_t < \text{Mediana } (\text{Area } C_t \% S_t) \Big|_{t=1}^{t=n} \\ 0 & \text{si } \text{Area } C_t \% S_t > \text{Mediana } (\text{Area } C_t \% S_t) \Big|_{t=1}^{t=n} \end{cases} \quad (17)$$

En cuanto a la pérdida ocasionada por la disminución de la producción y del área cosechada  $-\text{Pe}_t Q_t$ - es:

$$\text{Pe}_t Q_t = (Q_t - \widehat{Q}_t) * [\text{Mediana } (\text{Area } C_t \% S_t) - (\text{Area } C_t \% S_t)] * \text{Area } S_t * \widehat{R}_t \quad (18)$$

Finalmente, el valor monetario de las pérdidas, incluyendo pérdida de producción y de área,  $-\text{VM}_t$ - son estimadas con el precio internacional del cultivo:

$$\text{VM}_t = \text{Pe}_t Q_t * P_t^i \quad (19)$$

## 5 Resultados

### 5.1 Análisis del impacto de las sequías

Se aplicó la metodología a cada uno de los 189 departamentos de la muestra obteniendo 189 estimaciones diferentes. Los resultados de estas estimaciones correspondientes a las provincias de mayor relevancia: Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa, pueden verse en el anexo III. A pesar de que la muestra comienza en 1970 sólo se presentan los últimos 21 años por su mayor relevancia económica.

La siguiente tabla muestra los casos identificados por el modelo, es decir, los departamentos que muestran caídas extremas en los rendimientos. La información se presenta por provincia, computando los casos en porcentaje sobre el total de los departamentos.

Tabla 1: Porcentaje de departamentos por provincia con extrema disminución en el rendimiento

Campaña	Buenos Aires	Santa Fe	Córdoba	Entre Ríos	La Pampa
2000/01	3%	21%	0%	12%	0%
2001/02	29%	58%	0%	65%	0%
2002/03	44%	5%	17%	53%	0%
2003/04	3%	0%	17%	0%	59%
2004/05	0%	16%	29%	0%	0%
2005/06	11%	5%	0%	0%	45%
2006/07	3%	11%	13%	0%	36%
2007/08	12%	5%	0%	6%	0%
2008/09	32%	95%	33%	29%	59%
2009/10	21%	11%	42%	0%	64%
2010/11	0%	0%	0%	0%	0%
2011/12	1%	0%	0%	0%	0%
2012/13	15%	5%	8%	12%	0%
2013/14	0%	58%	38%	35%	5%
2014/15	2%	0%	0%	0%	0%
2015/16	4%	0%	0%	0%	0%
2016/17	4%	0%	0%	0%	0%
2017/18	2%	0%	0%	0%	0%
2018/19	1%	0%	0%	0%	0%
2019/20	11%	0%	0%	6%	55%
2020/21	1%	63%	42%	18%	0%

Fuente: elaboración propia.

Se observa una gran cantidad de casos concentrados en las campañas 2001/02, 2002/03, 2008/09, 2009/10, 2013/14 y 2020/21, coincidentes con eventos de sequías extremas. Asimismo, se observan concentraciones en provincias y años particulares, como ser Santa Fe y Córdoba en 2004/05, Santa Fe, Córdoba y La Pampa en 2006/07, Buenos Aires y Entre Ríos en 2012/13, Buenos Aires y La Pampa en 2019/20.

Todos los casos donde se registra una concentración considerable de departamentos afectados son contrastados con información climática a los fines de confirmar que se condigan con situaciones de estrés climático. La información correspondiente al índice de sequía de Palmer para cada campaña analizada se presenta en el anexo II.

Los resultados expresados en la tabla 2 muestran que todos los casos identificados por el modelo se corresponden con eventos de sequía desde moderada hasta severa. Los eventos de 2001/02, algunos casos de la campaña 2002/03 y de 2012/13 corresponden a caídas de rendimientos por excesos hídricos.

Tabla 2: Información contrastada con el índice de Palmer.

Campaña	Provincias afectadas	Índice de Palmer
2001/02	Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires.	Exceso hídrico.
2002/03	Entre Ríos, Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.	Sequía severa en el sur de Córdoba y exceso hídrico en el resto de las provincias.
2003/04	La Pampa, Córdoba y Buenos Aires.	Sequía extrema en La Pampa y Córdoba y sequía moderada en Buenos Aires.
2004/05	Córdoba y Santa Fe.	Sequía severa en el norte de las provincias.
2005/06	La Pampa, Buenos Aires y Santa Fe.	Sequía extrema en La Pampa y Buenos Aires y sequía moderada en Santa Fe.
2006/07	La Pampa, Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires.	Sequía extrema y severa en todas las provincias.
2008/09	Santa Fe, La Pampa, Córdoba, Buenos Aires y Entre Ríos.	Sequía extrema y severa en todas las provincias.
2009/10	La Pampa, Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe.	Sequía extrema y severa en todas las provincias.
2011/12	Buenos Aires.	Sequía severa en Buenos Aires.
2012/13	Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba y Santa Fe.	Exceso hídrico.
2013/14	Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa.	Sequía extrema y severa en Córdoba y sequía moderada en el resto de las provincias.
2019/20	La Pampa, Buenos Aires y Entre Ríos.	Sequía extrema en La Pampa y Buenos Aires y exceso hídrico en Entre Ríos.
2020/21	Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y Buenos Aires.	Sequía extrema en Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos y sequía moderada en Buenos Aires.

Fuente: elaboración propia en base a información provista por el índice de Palmer

Con respecto a la relación entre el área cosechada sobre el área sembrada (ver tabla 3) se observa que en los años coincidentes con eventos de sequías extremas, las provincias analizadas exhiben variaciones en la producción. En la campaña 2001/02 las provincias de La Pampa y Córdoba son las que menor producción registraron. No obstante, el porcentaje del área cosechada sobre el área sembrada fue muy elevado en todas las provincias. En la campaña 2002/03 Córdoba continuó siendo una de las provincias con menor producción y Santa Fe fue otra de las provincias que se vio afectada por la sequía.

El porcentaje de área cosechada sobre el área sembrada en la campaña 2003/04 en las provincias de Córdoba y La Pampa estuvo por debajo del 90%. La campaña 2004/05 fue relativamente una campaña productiva, excepto para la provincia de Córdoba. Asimismo,

la campaña 2005/06 fue productiva, salvo para la provincia de La Pampa que obtuvo un 88% de área cosechada.

En la campaña 2006/07 Córdoba y La Pampa obtuvieron menor producción que las otras provincias. La campaña 2008/09 fue una de las campañas que más se vio afectada por las sequías en prácticamente todas las provincias; Santa Fe fue la única provincia que obtuvo niveles altos de producción. La campaña 2009/10 fue la peor campaña para la provincia de La Pampa, obteniendo un 75%. Los niveles de producción para Buenos Aires y Córdoba fueron similares a los de la campaña anterior.

Por su parte, la campaña 2012/13 en términos generales fue una campaña productiva; Buenos Aires fue la provincia que menor área cosechada obtuvo con un 95%. La campaña 2013/14 no fue buena en términos productivos principalmente para la provincia de Córdoba que obtuvo un 85%. La campaña 2019/20 no fue productiva para la provincia de La Pampa que obtuvo un 86% de área cosechada, ni para la provincia de Córdoba que obtuvo un 94%. En la campaña 2020/21 Santa Fe y Córdoba fueron las provincias más afectadas, obteniendo un 95% y 91%, respectivamente.

Tabla 3: Porcentaje de área cosechada sobre el área sembrada por provincia.

Campaña	Buenos Aires	Santa Fe	Córdoba	Entre Ríos	La Pampa
2000/01	99%	99%	98%	98%	99%
2001/02	96%	96%	94%	97%	93%
2002/03	95%	92%	96%	99%	99%
2003/04	99%	98%	89%	99%	85%
2004/05	99%	97%	92%	100%	99%
2005/06	97%	104%	97%	100%	88%
2006/07	100%	99%	94%	98%	93%
2007/08	96%	102%	99%	99%	99%
2008/09	91%	99%	93%	91%	90%
2009/10	92%	99%	91%	99%	75%
2010/11	99%	99%	96%	100%	100%
2011/12	97%	99%	95%	100%	96%
2012/13	95%	97%	98%	99%	99%
2013/14	100%	97%	87%	98%	98%
2014/15	96%	98%	98%	99%	94%
2015/16	93%	92%	83%	96%	93%
2016/17	90%	90%	90%	92%	90%
2017/18	99%	99%	97%	99%	98%
2018/19	96%	98%	94%	100%	99%
2019/20	97%	99%	94%	100%	86%
2020/21	99%	95%	91%	99%	99%

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Porcentaje de área cosechada sobre área sembrada de la provincia de Buenos Aires.



Figura 4. Porcentaje de área cosechada sobre área sembrada de la provincia de Santa Fe.

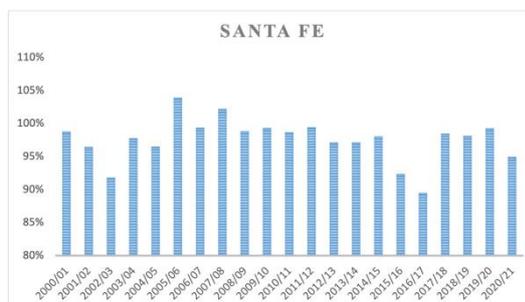


Figura 5. Porcentaje de área cosechada sobre área sembrada de la provincia de Córdoba.

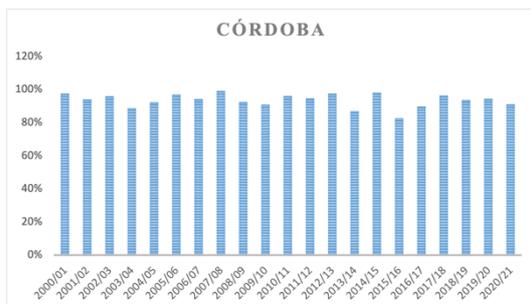


Figura 6. Porcentaje de área cosechada sobre área sembrada de la provincia de Entre Ríos.



Figura 7. Porcentaje de área cosechada sobre área sembrada de la provincia de La Pampa.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla sobre los rendimientos del área cosechada en cada una de las provincias analizadas (ver tabla 4). También se exponen gráficos con esta información de cada provincia.

Tabla 4: Rendimientos por área cosechada por provincia

Campaña	Buenos Aires	Santa Fe	Córdoba	Entre Ríos	La Pampa
2000/01	2,79	2,25	2,28	1,92	2,18
2001/02	2,52	2,02	2,28	1,32	1,93
2002/03	2,18	2,15	1,80	1,85	2,02
2003/04	2,89	2,83	2,21	2,80	1,11
2004/05	2,97	2,67	2,19	2,82	1,98
2005/06	2,67	3,01	2,28	3,25	1,29
2006/07	3,03	2,84	1,92	3,19	1,27
2007/08	2,71	3,44	3,23	3,09	2,59
2008/09	2,29	1,50	1,66	2,06	1,06
2009/10	2,92	3,17	1,56	4,37	0,99
2010/11	4,04	4,16	3,40	4,04	1,98
2011/12	3,88	3,56	2,93	3,66	2,55
2012/13	3,10	2,80	2,89	2,72	2,66
2013/14	3,43	2,13	1,63	2,96	1,57
2014/15	3,09	2,78	2,70	2,65	2,57
2015/16	3,53	3,13	2,55	3,13	2,16
2016/17	3,57	3,45	3,44	3,24	2,83
2017/18	3,86	3,39	3,51	2,69	2,21
2018/19	3,99	3,03	2,73	3,63	2,43
2019/20	3,24	3,24	2,97	2,75	1,32
2020/21	3,83	2,11	1,72	2,60	2,16

Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, cabe destacar que en los años coincidentes con eventos de sequías extremas según el índice de Palmer, se observan variaciones en los rendimientos del cultivo de trigo en las diferentes provincias.

En la campaña 2001/02 la provincia de Entre Ríos fue la que menos rendimientos obtuvo, seguida por la provincia de La Pampa. En 2002/03 Buenos Aires fue la provincia que mayores rendimientos obtuvo, mientras que las provincias de Córdoba y Entre Ríos fueron las de más bajos rendimientos. En el 2003/04 presentó muy bajos rendimientos la provincia de La Pampa. A su vez en 2004/05 y 2005/06 La Pampa fue la provincia más afectada. En la campaña 2006/07 Buenos Aires y Entre Ríos obtuvieron buenos rendimientos. En tanto en 2008/09, periodo muy afectado por la sequía, la mayoría de las provincias obtuvieron los más bajos rendimientos de todas las campañas estudiadas. La campaña 2009/10 presentó las mayores diferencias en términos de rendimientos de las cinco provincias analizadas. Por ejemplo Entre Ríos obtuvo los rendimientos más altos en los últimos 20 años, mientras que La Pampa los más bajos de ese mismo período. En cuanto al periodo 2012/13 los rendimientos fueron altos en todas las provincias

estudiadas. En la campaña 2013/14 las provincias de La Pampa y Córdoba fueron las más afectadas. En el 2019/20 se dieron muy buenos rendimientos en las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. Por último en el 2020/21 Córdoba y Santa Fe fueron las más afectadas, seguidas por La Pampa.

Figura 8. Rendimientos por área cosechada de la provincia de Buenos



Aires.

Figura 9. Rendimientos por área cosechada de la provincia de Santa Fe.

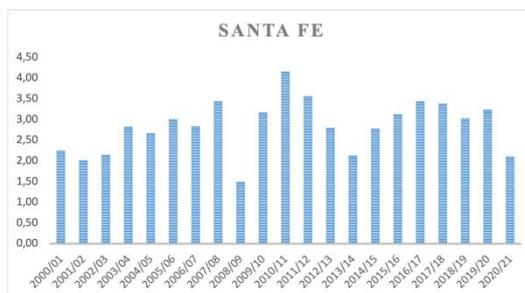


Figura 10. Rendimientos por área cosechada de la provincia de Córdoba.

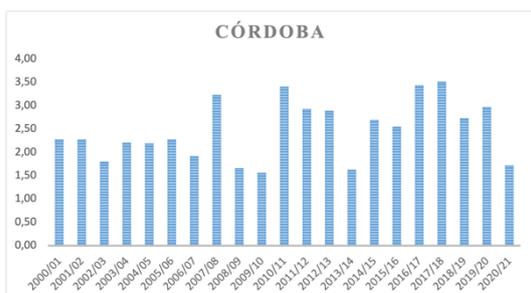
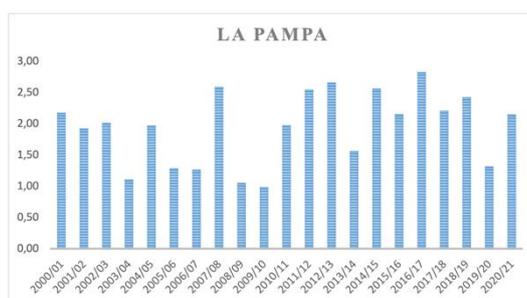


Figura 11. Rendimientos por área cosechada de la provincia de Entre Ríos.



Figura 12. Rendimientos por área cosechada de la provincia de La Pampa.



Fuente: elaboración propia.

Aplicando la metodología descrita en el apartado cuatro, se obtuvieron los valores anuales de las pérdidas ocasionadas por las sequías que se muestran en la tabla 5. A continuación dos mapa con las pérdidas a nivel departamental de los años de 2008/09 y 2020/21

Tabla 5: Pérdidas totales por provincias para los años seleccionados en millones de U\$D

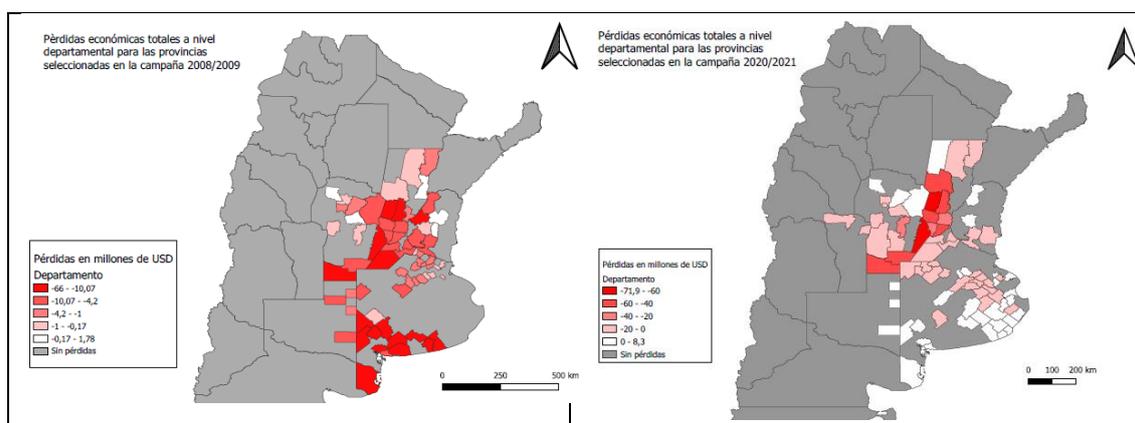
Campaña	Buenos Aires	Santa Fe	Córdoba	Entre Ríos	La Pampa
2001/02	98,08	59,97	3,03	14,94	0
2002/03	209,49	32,93	9,40	10,19	0
2003/04	10,16	0	20,56	0	9,19
2004/05	0	4,94	32,86	0	0
2005/06	133,44	0,11	0,68	0	15,45
2006/07	10,43	3,54	25,61	0	2,61
2008/09	307,55	83,98	62,57	31,44	19,58
2009/10	237,85	26,20	0	7,42	7,42
2012/13	55,61	0	0	0	0
2013/14	0	73,19	116,72	0	1,51
2019/20	102,04	2,49	4,22	0	13,13
2020/21	20,18	396,11	232,33	0,25	0

Fuente: Elaboración propia.

Las sequías de 2008/09, 2009/10 y 2020/21 fueron las que generaron mayores pérdidas. La sequía de 2008/09 generó pérdidas por 505 millones de dólares corrientes, mientras que la sequía de 2009/10, generó una merma de 284 millones de dólares corrientes y la sequía de 2020/21 648 millones de dólares corrientes. Los eventos de menor envergadura fueron las sequías de 2003/04, 2004/05 y 2006/07, registrando pérdidas de 39 millones de dólares, 37 millones y 42 millones, respectivamente.

Analizando la localización de los impactos, se observa que las zonas más afectadas en términos de pérdidas económicas en la campaña 2008/09 han sido el sur de la Provincia de Buenos Aires, los departamentos localizados al sur y al noreste de Córdoba y los correspondientes al sur y centro de Santa Fe y los del sur y el noreste de la provincia de Entre Ríos. (Ver figura 13).

Figura 13. Mapa de pérdidas económicas del cultivo de trigo por sequía campañas 2008/09 y 2020/21



Fuente: Elaboración Propia

## 5.2 Impacto macroeconómico de las sequías identificadas

Como se mencionó en la introducción, el sector agrícola es relevante en la economía argentina, por ello, relacionar las pérdidas a variables macroeconómicas es útil a los fines de dimensionar la magnitud del impacto de los eventos climáticos extremos. Si bien es esperable que las sequías que afectan al cultivo de trigo tengan un impacto en el mercado interno, en este trabajo sólo se utilizan las magnitudes macroeconómicas para mostrar en perspectiva el impacto. En la tabla 6 se observan las pérdidas totales anuales por campaña a valores corrientes y actualizadas por inflación al año 2021<sup>7</sup>

Considerando el total de las pérdidas de cada año para las provincias bajo análisis actualizadas por inflación a precios del año 2021 se observa como las primeras campañas aumentan su relevancia. Más aún, cuantificar este impacto en términos de su relación con el stock de divisas presentes en el Banco Central de la República Argentina (BCRA) en enero del año 2021 (momento de la cosecha de la última campaña considerada) muestra como los 2.980,83 millones de dólares representaron un 7,52% de las reservas en ese momento. La figura 14 esquematiza las pérdidas de cada campaña respecto a la cantidad de divisas del año correspondiente, mostrando como varía la relación de acuerdo tanto a la magnitud de la sequía de cada año, como a la situación financiera del BCRA en ese momento.

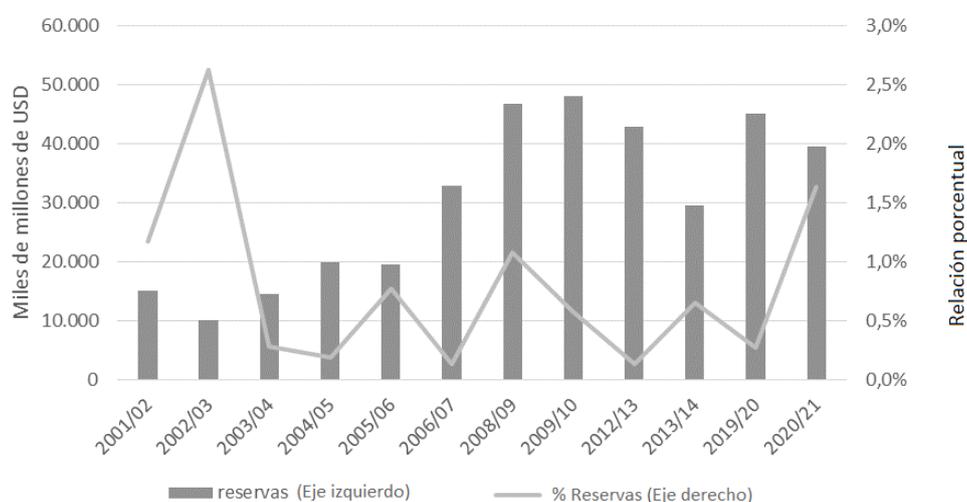
<sup>7</sup> Datos de Banco Mundial: inflación anual, índice de precios al consumidor Estados Unidos, ver anexo IV),

Tabla 6: Pérdidas totales por año en millones de USD

Campaña	Pérdidas totales por año	Actualizado por inflación a 2021
2001/02	176,02	257,17
2002/03	262,01	376,77
2003/04	39,91	56,10
2004/05	37,80	51,74
2005/06	149,68	198,13
2006/07	42,19	54,12
2008/09	505,12	606,65
2009/10	278,89	336,26
2012/13	55,61	62,63
2013/14	191,42	209,05
2019/20	121,88	123,34
2020/21	648,87	648,87
<b>Total</b>		<b>2980,83</b>

Fuente: Elaboración propia

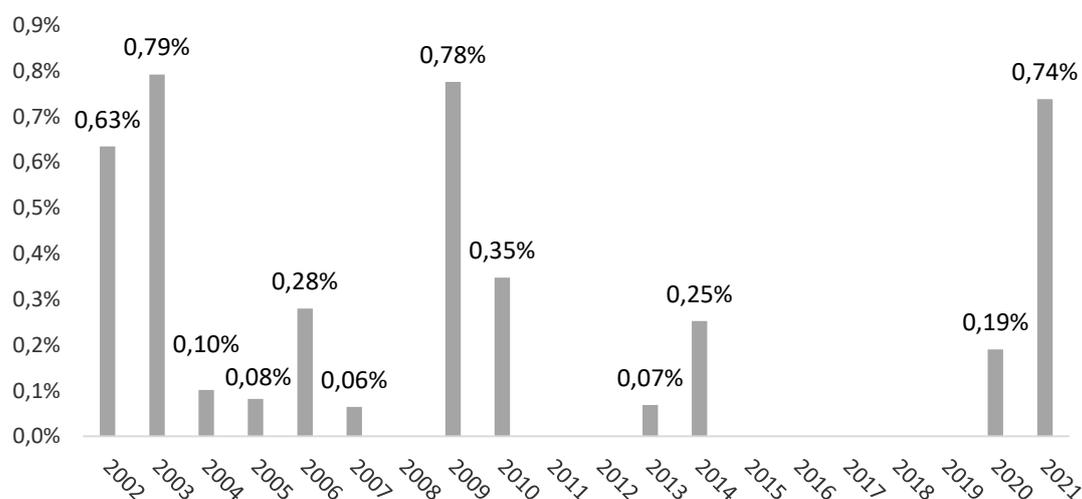
Figura 14. Participación de las pérdidas en el stock de reservas en años con sequía



Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se muestra la relación entre las pérdidas y las exportaciones totales de bienes y servicios del país para cada campaña considerada. Se puede observar cómo los casos de mayor relevancia han sido las campañas 2001/2002, 2002/2003, 2008/2009 y 2020/2021, llegando en cada una de éstas a representar casi el 0,8% del valor de las exportaciones totales.

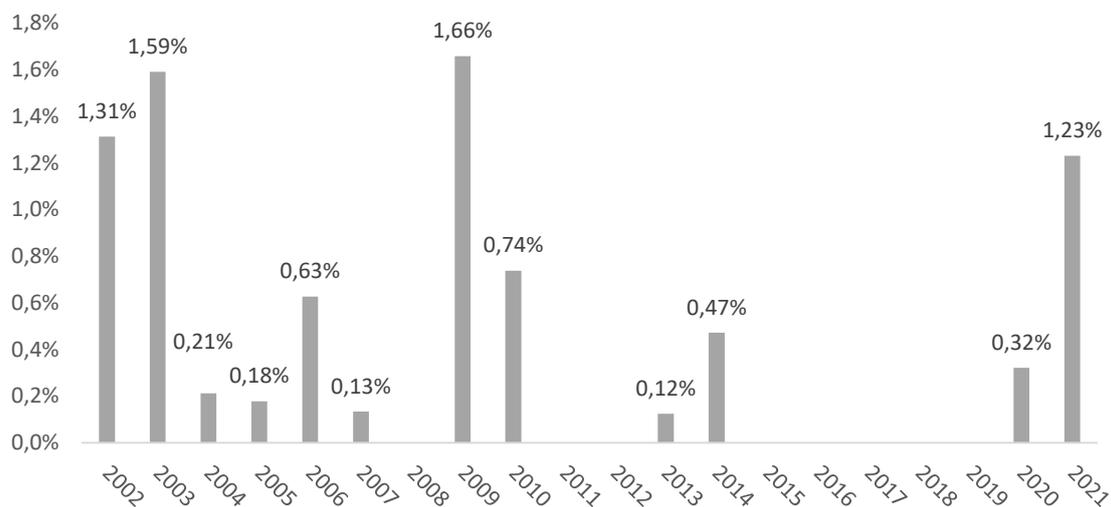
Figura 15. Pérdidas como porcentaje de las exportaciones totales



Fuente: Elaboración propia

Si se comparan dichas pérdidas con respecto a las exportaciones específicas de productos primarios y manufacturas de origen agropecuario, el impacto se ve incrementado, alcanzando en las campañas 2002/2003 y 2008/2009 valores próximos al 1,6% (ver figura 16).

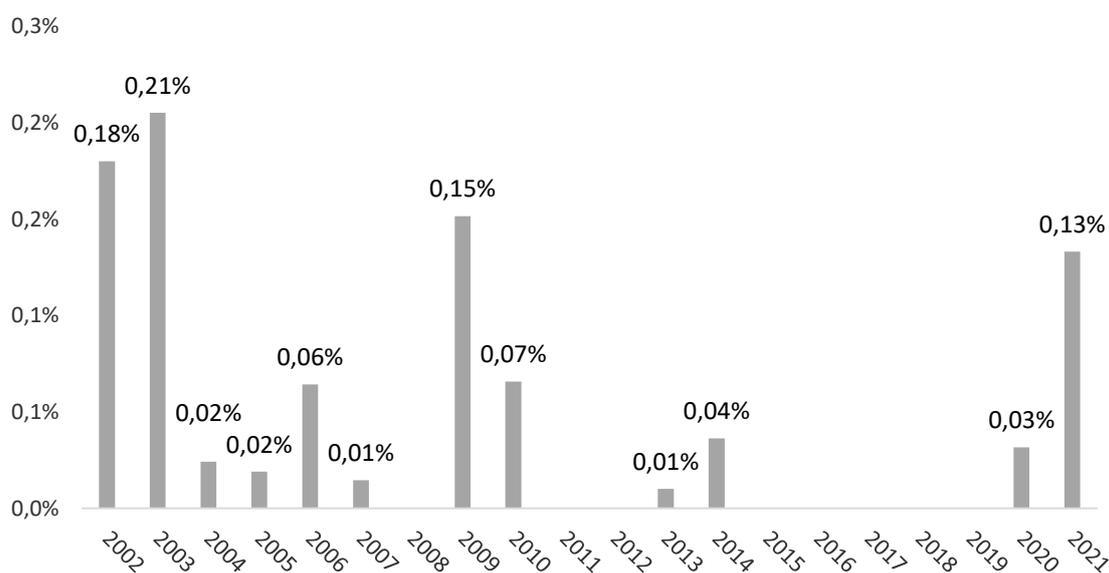
Figura 16. Pérdidas como porcentaje de las exportaciones de productos primarios y manufacturas de origen agropecuario



Fuente: Elaboración propia

También se analizó el impacto de las pérdidas sobre el Producto Bruto Interno (PBI) para los años mencionados, con los resultados correspondientes en la siguiente figura:

Figura 17. Pérdidas como porcentaje del Producto Bruto Interno



Fuente: Elaboración propia

En las figuras 16 y 17 se puede observar que los años de mayor impacto coinciden, siendo la magnitud variable de acuerdo con el grado de crecimiento que hubiera experimentado la economía en cada año y a la magnitud de las exportaciones considerando los demás bienes y servicios comercializados con el exterior. Los años de mayor impacto, las pérdidas han representado entre un 0,20% (2003) y 0,15% (2009) del valor del PBI (ver anexo V).

En síntesis, el impacto macroeconómico de las pérdidas por sequías en el cultivo de trigo parecen tener poca relevancia en relación con las magnitudes agregadas. Sin embargo, si se considera su relación con las exportaciones del mismo tipo (productos primarios y manufacturas de origen agropecuario), la importancia relativa asciende. No obstante, debe considerarse el alcance del presente trabajo que estima las pérdidas por variabilidad climática de un solo cultivo, el trigo, queda pendiente para futuras investigaciones la consideración de las pérdidas en conjunto con otros cultivos como soja y maíz. Por otra parte, es importante continuar con el análisis del impacto ocasionado por la ocurrencia de eventos climáticos extremos en el cultivo de trigo sobre el mercado interno, ya que es probable que la menor oferta genere un aumento en los precios de algunos ítems de la canasta básica de alimentos de los argentinos.

## Conclusiones

A partir de la aplicación de la metodología descripta en este trabajo se estimó para Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa en los años con sequías 2001/02, 2002/03, 2003/04, 2005/06, 2008/09, 2009/10, 2012/13, 2013/14, 2019/20 y 2020/21, una pérdida total a valor del año 2021 de US\$ 2.980,83 millones.

En cuanto al impacto macroeconómico los resultados muestran que el total de las pérdidas de cada uno de los años identificados con eventos de sequía, actualizadas con el índice de inflación de los Estados Unidos, representan un 7,5% del stock de divisas en poder del Banco Central de la República Argentina en enero del año 2021 (momento de la cosecha de la última campaña considerada). En tanto, la relación entre las pérdidas y las exportaciones totales de bienes y servicios muestra que los casos de mayor relevancia han sido las campañas de 2001/2002, 2002/2003, 2008/2009 y 2020/2021, llegando en cada una de éstas a representar casi el 0,8% del valor de las exportaciones totales.

A su vez, el análisis del impacto de las pérdidas sobre el Producto Bruto Interno muestra que los años de mayor impacto directo representaron entre un 0,20% (año 2003) y 0,15% (año 2009). En futuras investigaciones puede analizarse el impacto de las sequías en el cultivo de trigo a través de todos los eslabones de la cadena.

Por último, a lo largo del trabajo se mostró el impacto del fenómeno de la variabilidad climática, en este caso las sequías, sobre las actividades económicas del sector agropecuario, en particular al cultivo de trigo. En este contexto, el modelo de medición desarrollado permite la estimación de las pérdidas y además el ingreso tendencial estimado a partir del escenario contrafáctico de la producción potencial. Esta metodología permite la estimación de los ingresos generados por cultivos que componen el sector exportador agropecuario argentino frente a distintos escenarios climáticos, constituyendo una herramienta para la planificación macro-fiscal. El perfil multi-escalar del modelo, que parte de la estimación a nivel departamental y que puede agregarse en forma homogénea a escala provincial y nacional, provee información relevante para el diseño e implementación de medidas de adaptación tanto a nivel local como a escala macroeconómica.

## Referencias bibliográficas

- 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*, 6: 151-169. doi: 10.1002/wcc.316.
- 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.
- Bravo-Ortega C. y De Gregorio J. (2005). The Relative Richness of the Poor? Natural Resources, Human Capital, and Economic Growth. No 3484, Policy Research Working Paper Series from the World Bank.
- Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N. and Vella, S. (2009). "Economic Vulnerability and Resilience: Concepts and Measurements," *Oxford Development Studies*, Vol. 37(3): 229-247.
- Canuto O. y Cavallari M. (2012) Natural Capital and the Resource Curse. Economic Premise from the World Bank. Mayo 2012. Number 83.
- 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-cambioclimatico-en-la-argentina-primera-aproximacion>
- Céspedes. L. F. y Velasco A. (2012) Macroeconomic Performance During Commodity Price Booms and Busts *IMF Economic Review*. December 2012, Volume 60, Issue 4, pp 570–599.
- 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 97 rainfed corn market in Ceará, Brazil. *Environment and Development Economics*. 13(02), 201-227. doi:10.1017/S1355770X07004172
- 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](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Impactos%20Econ%C3%B3micos%20del%20Cambio%20Climatico_Sintesis_Resumen%20Ejecutivo.pdf)
- French-Davis R. (2005) Reformas para América Latina después del fundamentalismo neoliberal. 1ra edición. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina 328 p.
- FMI (2016). Analyzing and managing fiscal risks-Best practices. Report prepared by IMF staff and presented to the Executive Board in an informal session on May 20, 2016. International Monetary Fund, Washington DC.
- Frankel, Jeffrey A. (2010) "The Natural Resource Curse: A Survey"; NBER Working Paper, No. 15836. National Bureau of Economic Research.
- 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
- Gala, P. (2008). "Real exchange rate levels and economic development: theoretical analysis and econometric evidence", *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 32, Issue 2, pp. 273-288.
- Guillaumont P. (2011) An Economic Vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy. CERDI Working papers halshs-00554328, HAL.
- Hernandez Ramirez, Valencia, Paniagua (2014). Modelos de Vulnerabilidad Agrícola ante los efectos del cambio climático. *Revista CIMEXUS* Vol. IX, No.2, pp. 31-47.
- 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). (2001). Climate Change 2001 Synthesis Report. En [https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/WGI\\_TAR\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/WGI_TAR_full_report.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance, climate change adaptation. En [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX\\_Full\\_Report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf)
- Irwin, S., and Good, D. "Forming Expectations for the 2015 U.S. Average Spring Wheat Yield: What Does History Teach Us?" *farmdoc daily* (5):75, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, April 23.
- Irwin, S. and D. Good. "Forming Expectations for the 2015 U.S. Average Winter Wheat Yield: What Does History Teach Us?" *farmdoc daily* (5):56, Department of

Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, March 26.

- Lugones A., Terré E. (2021) Mapa de la molienda de trigo en Argentina. Bolsa de Comercio de Rosario. Boletín semanal. Año XXXIX, N° Edición 2030. Especial Campaña de Trigo 2021/22. 3 de Diciembre de 2021.
- 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.
- Lozanoff, J. y Cap E. (2006). El impacto del cambio climático sobre la agricultura Argentina: Un estudio económico. Buenos Aires. Argentina. INTA
- Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre and A. Villamizar, (2007) Latin America. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L.Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson. Cambridge, UK. Eds., Cambridge University Press, 581-615.
- Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano, and S. Vicuña (2014), Central and South America. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566.
- Miglietta F., Magliago B., Bindi M., Cerio L., Vacari F.P., Loduca V., and Peresotti A. (1998). Free air CO<sub>2</sub> enrichment of potato (*Solanum Tuberosum* L.): Development, growth and yield. *Global Change Biol.* 4:163–172.
- Montalbano, Pierluigi (2011). “Trade Openness and Developing Countries’ Vulnerability: Concepts, Misconceptions, and Directions for Research”, *World Development*, Vol. 39, Issue 9, pp. 1489–1502.
- Murgida A. M., Travasso M. I., González S. y Rodríguez G. R. (2014). Evaluación de impactos del cambio climático sobre la producción 100 agrícola en la Argentina. *Serie medio ambiente y desarrollo*. No. 155. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- Ocampo J.A. (2007). The Instability and Inequities of the Global Reserve System. DESA Working Paper No. 59.

- Oficina de Riesgo Agropecuario (2011). Proyecto riesgo y seguro agropecuario II. Informe del consultor Heinzenknecht, G. Recuperado de: <http://www.ora.gov.ar/informes/enso.pdf>
- 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.
- Rodrik D. (2008) The Real Exchange Rate and Economic Growth. Harvard University.
- Saguado D., Terré E. (2021) Importancia de la cadena triguera para la economía argentina. Bolsa de Comercio de Rosario. Boletín semanal. Año XXXIX, N° Edición 2030. Especial Campaña de Trigo 2021/22. 3 de Diciembre de 2021.
- Smit, B., McNabb D. y Smithers J. (1996), Agricultural adaptation to climatic variation. *Climatic Change*, 33: p.p.7-29.
- 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.
- 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 A., Planchuelo R., Douriet J., Hallack A., Jimenez R., Maureira T., Tiscornia G., Zanvettor R., Zimmermann R. (2016). Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América Central; Editores: Hugo Carrão y Paulo Barbosa; EUR 27974 ES; doi: 10.2788/65166. Disponible en: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC102117/lbna27974esn.pdf>
- 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.
- Seth. A. y Ragab A. (2012) "Macroeconomic Vulnerability in Developing Countries: Approaches and Issues," Working Papers 94, International Policy Centre for Inclusive Growth.

- 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=ThomaszRondinone-Vilker-Eriz\\_El-impacto-economico-de-los-eventosclimaticos-extremos-en-Argentina-2017](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/?c=libros&a=d&d=ThomaszRondinone-Vilker-Eriz_El-impacto-economico-de-los-eventosclimaticos-extremos-en-Argentina-2017)
- UNISDR Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2013) anual report en [https://www.unisdr.org/files/37302\\_annualreport2013.pdf](https://www.unisdr.org/files/37302_annualreport2013.pdf)
- WMO World Meteorological Organization (2014) Scientific assessment of ozone depletion: [https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone\\_2014/documents/Full\\_report\\_2014\\_Ozone\\_Assessment.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/documents/Full_report_2014_Ozone_Assessment.pdf)
- Word Bank (2017). Establishing a Fiscal Risk Management Department in the Ministry of Finance of Serbia. World Bank Disaster Risk Financing and Insurance Program.

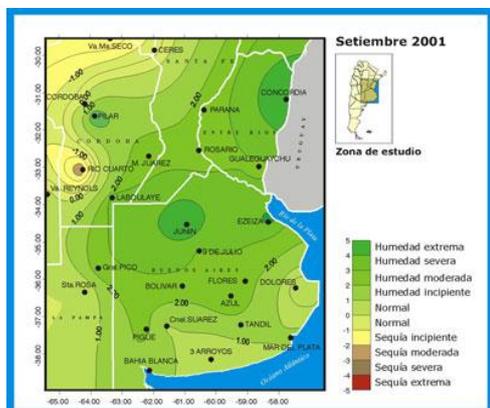
## Anexo I: Fenología del trigo para la provincia de Buenos Aires

Etapa/zona y fecha	Norte	Centro	Oeste	Suroeste	Sureste
Siembra	15-jun	15-jun	10-jun	25-may	20-jun
Emergencia	30-jun	01-jul	26-jun	12-jun	10-jul
Espiguilla terminal	17-sep	21-sep	15-sep	02-sep	05-oct
Comienzo del crecimiento espiga	07-oct	12-oct	30-sep	15-oct	26-oct
Fin del crecimiento espiga	19-oct	19-oct	13-oct	27-oct	08-nov
Floración	24-oct	27-oct	27-oct	02-nov	16-nov
Comienzo llenado	03-nov	06-nov	03-nov	10-nov	21-nov
Madurez fisiológica	26-nov	30-nov	05-dic	30-nov	17-dic
Cosecha	06-dic	10-dic	15-dic	10-dic	27-dic
Período de Déficit hídrico	Del 04-oct al 03-nov	Del 07-oct al 06-nov	Del 07-oct al 06-nov	Del 13-oct al 12-nov	Del 27-oct al 26-nov

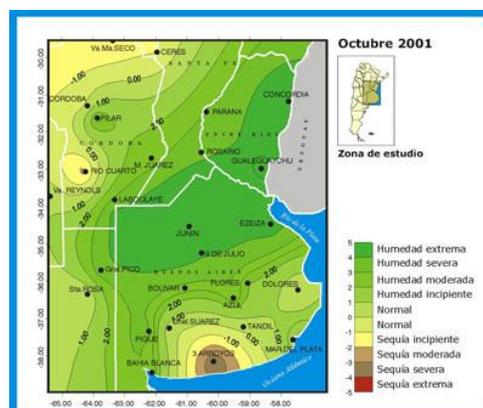
Fuente: elaboración propia en base a información de la Oficina de Riesgo Agropecuario.

Anexo II: Índice de Sequía de Palmer

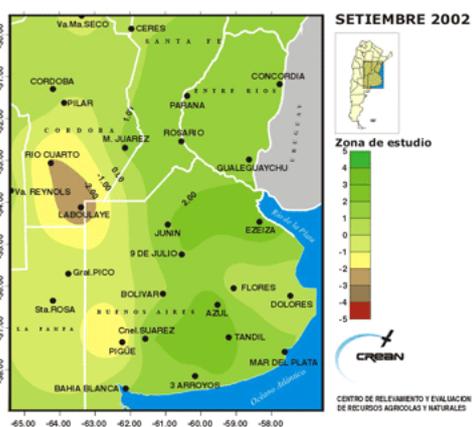
Septiembre 2001



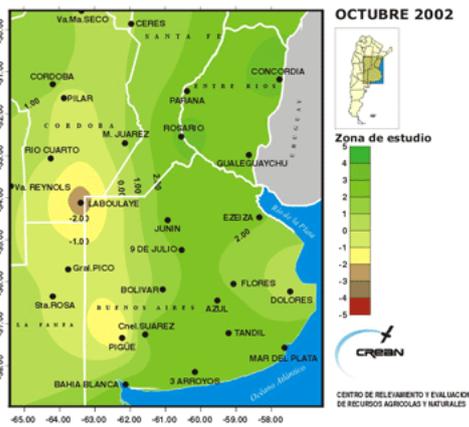
Octubre 2001



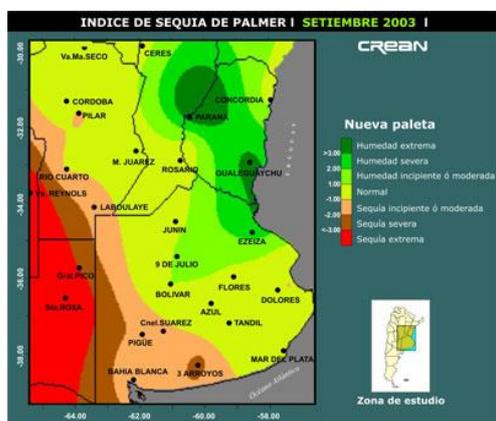
Septiembre 2002



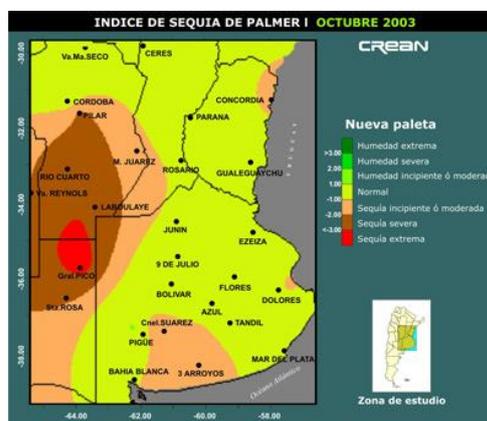
Octubre 2002



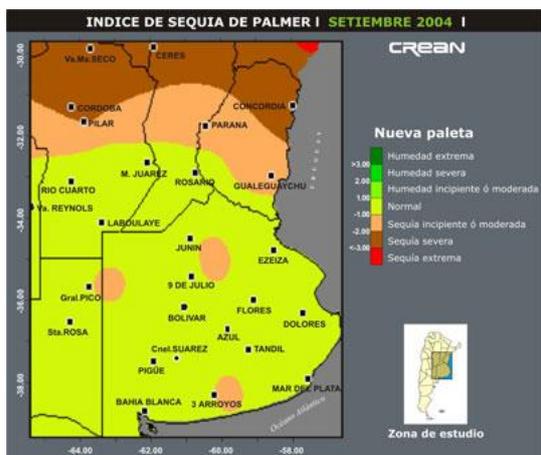
Septiembre 2003



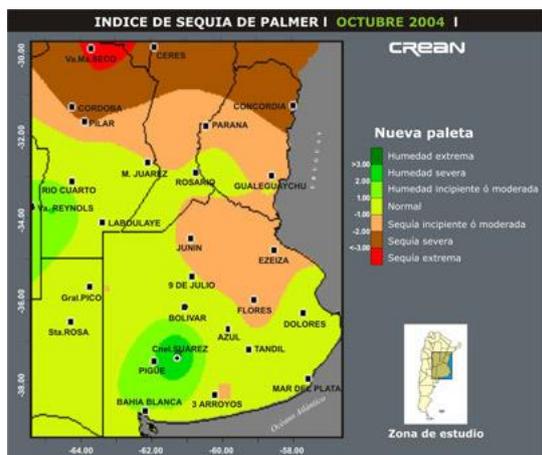
Octubre 2003



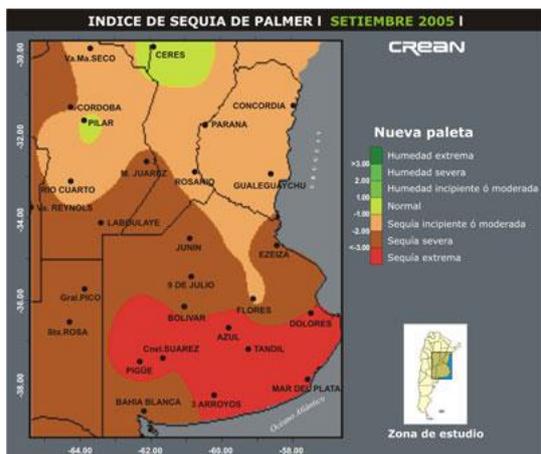
Septiembre 2004



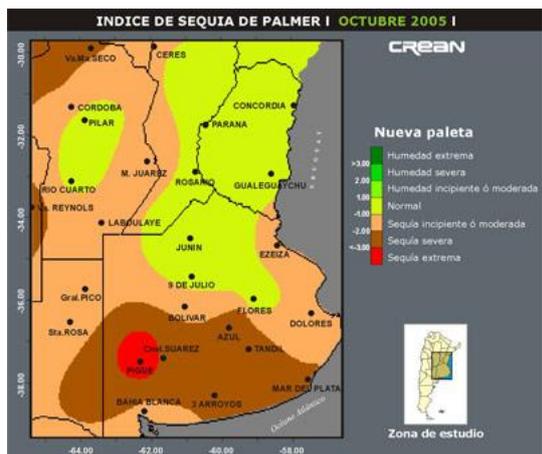
Octubre 2004



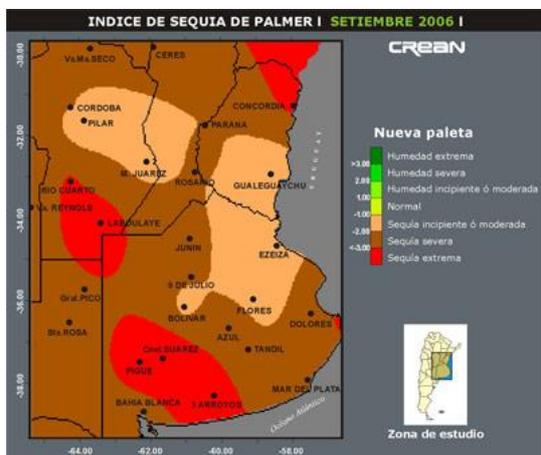
Septiembre 2005



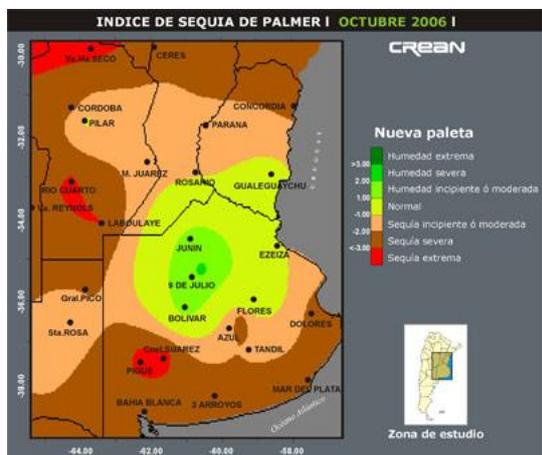
Octubre 2005



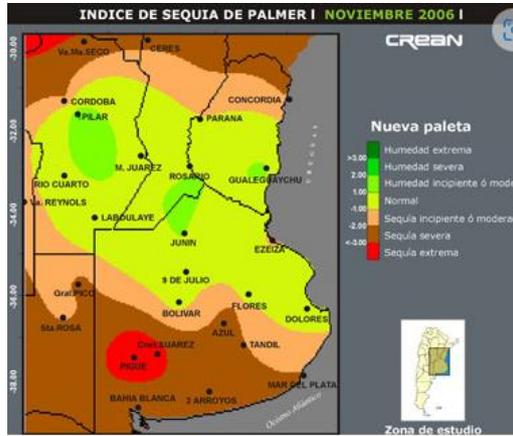
Septiembre 2006



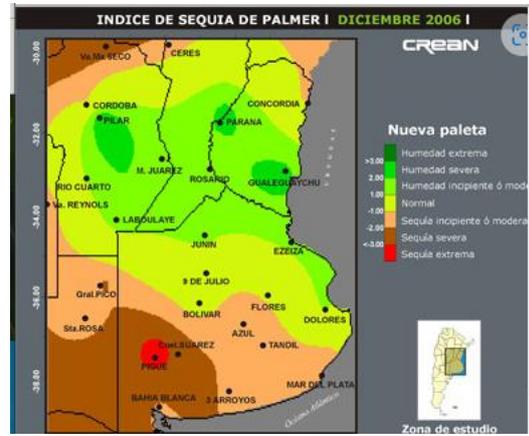
Octubre 2006



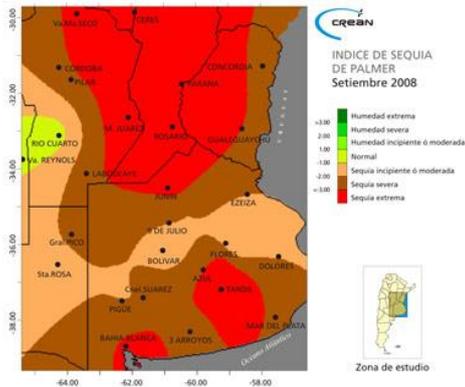
Noviembre 2006



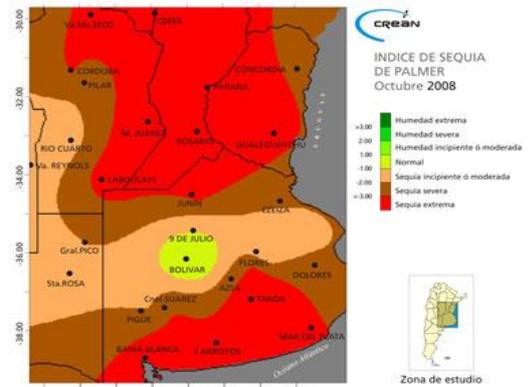
Diciembre 2006



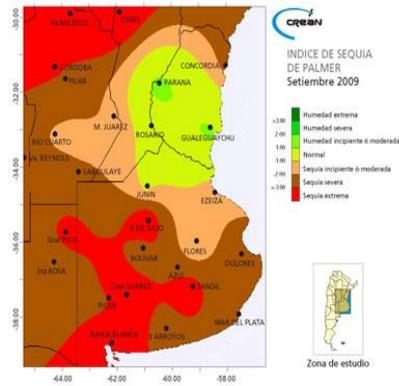
Septiembre 2008



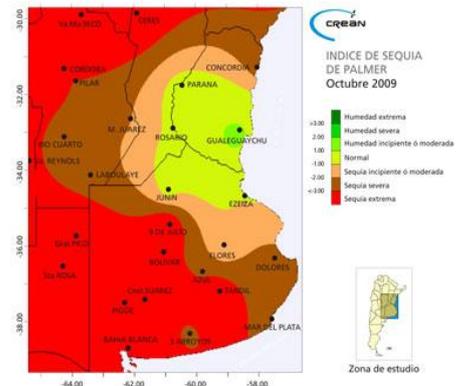
Octubre 2008



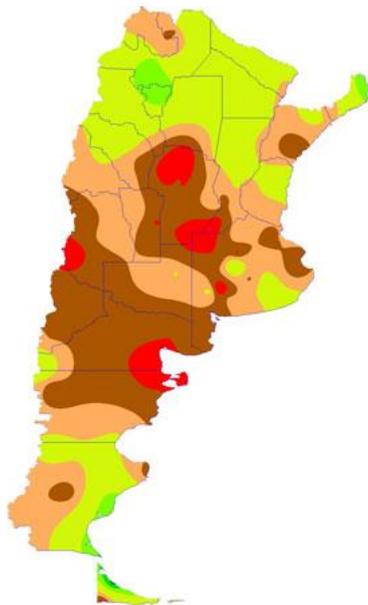
Septiembre 2009



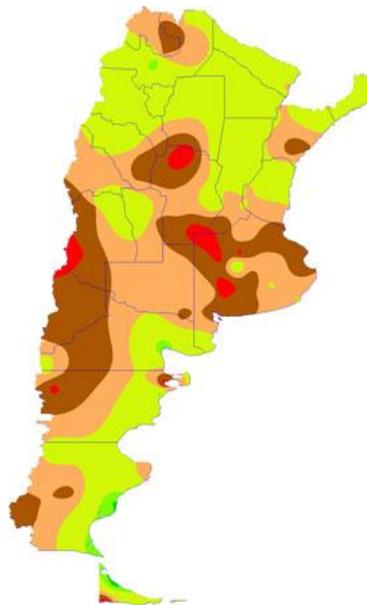
Octubre 2009



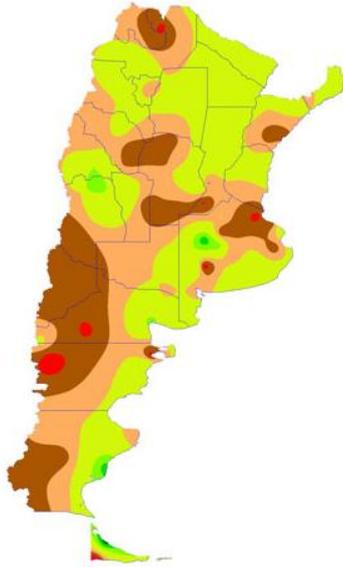
Septiembre 2011



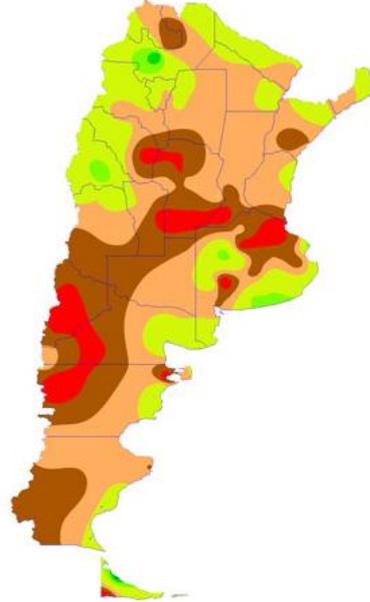
Octubre 2011



Noviembre 2011



Diciembre 2011

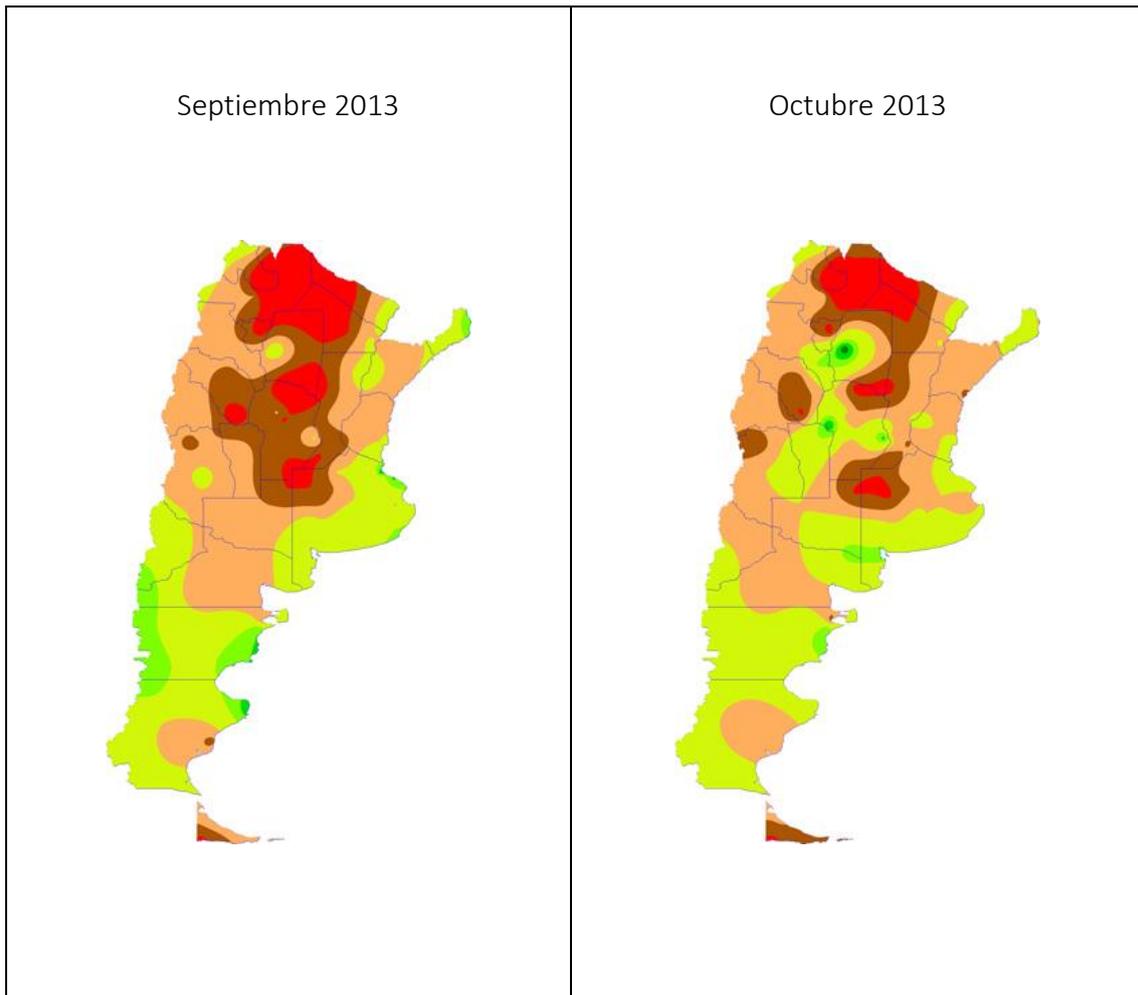


Septiembre 2012



Octubre 2012





Fuente: Índice de Sequía de Palmer (PDSI) (Palmer Drought Severity Index).

## Anexo III: Valor de los parámetros estimados -pendiente e intersección- por departamento

Provincia de Buenos Aires:

Departamento	Pendiente	Intersección
25 de mayo	0,063	1,058
9 de julio	0,061	1,366
Adolfo Alsina	0,024	1,268
Adolfo Gonzales Chaves	0,040	1,430
Alberti	0,057	1,488
Arrecifes	0,048	1,520
Ayacucho	0,057	1,235
Azul	0,062	1,345
Bahía Blanca	0,005	1,223
Balcarce	0,060	1,606
Baradero	0,044	1,483
Benito Juárez	0,064	1,108
Berazategui		
Bolívar	0,055	1,121
Bragado	0,058	1,474
Brandsen	-0,625	16,420
Campana	0,050	1,202
Cañuelas	0,057	1,135
Capitán Sarmiento	0,051	1,416
Carlos Casares	0,039	1,635
Carlos Tejedor	0,036	1,466
Carmen de Areco	0,048	1,693
Castelli	0,058	1,030
Chacabuco	0,067	1,210
Chascomús	0,043	1,629
Chivilcoy	0,060	1,397
Colón	0,040	1,995
Coronel de Marina L. Rosales	0,016	1,012
Coronel Dorrego	0,038	0,992
Cornel Pringles	0,024	1,388
Coronel Suarez	0,031	1,490
Daireaux	0,035	1,726
Dolores	-0,525	19,973
Escobar		
Esteban Echeverría		
Exaltación de la Cruz	0,052	1,264
Florencio Varela		
Florentino Ameghino	0,065	2,237
General Alvarado	0,066	1,479
General Alvear	0,059	0,920
General Arenales	0,069	1,071
General Belgrano	0,006	2,789

PROGRAMA VULNERABILIDAD AL RIESGO CLIMATICO, FCE-UBA

General Guido	-0,148	7,913
General Juan Madariaga	-0,192	9,544
General Lamadrid	0,035	1,231
General las Heras	0,061	1,096
General Lavalle	0,059	1,239
General Paz	-0,032	2,766
General Pinto	0,059	1,076
General Pueyrredón	0,066	1,460
General Rodríguez	0,008	2,726
General Viamonte	0,062	1,307
General Villegas	0,050	1,230
Guamini	0,036	1,110
Hipólito Yrigoyen	0,048	1,391
Junín	0,058	1,356
La Plata		
Laprida	0,008	2,174
Las Flores	0,066	0,923
Leandro N. Alem	0,049	1,617
Lincoln	0,063	1,086
Lobería	0,063	1,349
Lobos	0,061	1,063
Luján	0,000	2,952
Magdalena	0,006	1,918
Maipú	-0,810	28,826
Mar Chiquita	0,027	2,227
Marcos Paz	0,078	1,486
Mercedes	0,037	1,556
Monte	0,072	0,860
Navarro	0,066	1,070
Necochea	0,074	1,214
Olavarría	0,052	1,247
Patagones	0,010	1,024
Pehuajó	0,034	1,806
Pellegrini	0,033	1,171
Pergamino	0,041	1,959
Pila	-0,148	6,868
Pilar	-0,294	13,043
Puan	0,023	1,026
Punta Indio		
Ramallo	0,051	1,260
Rauch	-0,267	11,470
Rivadavia	0,048	1,234
Rojas	0,070	1,178
Roque Pérez	0,061	1,170
Saavedra	0,025	1,174
Saladillo	0,076	0,738
Salliquelo	-0,016	2,714

PROGRAMA VULNERABILIDAD AL RIESGO CLIMATICO, FCE-UBA

Salto	0,055	1,524
San Andrés de Giles	0,054	1,474
San Antonio de Areco	0,047	1,534
San Cayetano	0,046	1,371
San Isidro		
San Nicolás	0,048	1,382
San Pedro	0,017	2,360
San Vicente	-0,653	38,333
Suipacha	0,029	1,920
Tandil	0,072	1,290
Tapalqué	0,061	0,785
Tordillo	-1,494	58,711
Tornquist	0,022	1,036
Trenque Lauquen	0,049	1,152
Tres Arroyos	0,052	1,451
Tres Lomas	0,043	1,910
Villarino	0,012	1,003
Zárate	-0,010	3,145
Provincia de Córdoba:		
Departamento	Pendiente	Intersección
Calamuchita	0,023	1,004
Capital	0,013	1,599
Colón	0,030	0,855
Cruz del eje		
General Roca	0,037	0,932
General San Martín	0,032	0,955
Ischilin	0,007	1,445
Juárez Celman	0,024	0,989
Marcos Juárez	0,042	1,417
Pocho		
Presidente Roque Sáenz	0,042	0,898
Peña		
Río Cuarto	0,024	0,941
Río Primero	0,028	0,968
Río Seco	0,022	1,394
Río Segundo	0,026	1,130
San Alberto	-0,150	2,739
San Javier	0,110	0,560
San Justo	0,027	1,048
Santa María	0,013	1,091
Sobremonte		
Tercero Arriba	0,017	1,177
Totoral	0,029	0,937
Tulumba	0,011	1,316
Unión	0,041	1,223

PROGRAMA VULNERABILIDAD AL RIESGO CLIMATICO, FCE-UBA

Provincia de Santa Fe:

Departamento	Pendiente	Intersección
9 de julio	0,018	1,056
Belgrano	0,033	1,612
Caseros	0,038	1,612
Castellanos	0,035	1,149
Constitución	0,041	1,512
Garay	0,027	1,155
General López	0,052	1,420
General Obligado	0,017	1,142
Iriondo	0,037	1,569
La Capital	0,028	1,303
Las Colonias	0,034	1,240
Rosario	0,037	1,590
San Cristóbal	0,023	1,215
San Javier	0,015	1,129
San Jerónimo	0,036	1,430
San Justo	0,023	1,326
San Lorenzo	0,039	1,593
San Martín	0,035	1,339
Vera	0,024	1,055

Provincia de Entre Ríos:

Departamento	Pendiente	Intersección
Colón	0,037	0,889
Concordia	0,045	1,233
Diamante	0,053	0,969
Federación	0,050	1,276
Federal	0,074	1,103
Feliciano	0,063	1,221
Gauleguay	0,057	0,809
Gauleguaychú	0,049	0,777
Islas de Ibicuy		
La Paz	0,049	0,773
Nogoyá	0,049	0,787
Paraná	0,055	0,793
San Salvador	-0,014	2,722
Tala	0,045	0,818
Uruguay	0,045	0,825
Victoria	0,053	1,031
Villaguay	0,039	0,889

PROGRAMA VULNERABILIDAD AL RIESGO CLIMATICO, FCE-UBA

Provincia de La Pampa:

Departamento	Pendiente	Intersección
Atreuco	0,022	1,022
Caleu Caleu	0,009	1,022
Capital	0,026	0,888
Catrilo	0,027	0,986
Chalileo		
Chapaleufu	0,040	0,971
Chical Co		
Conhelo	0,025	1,064
Curaco		
Guatrache	0,020	1,016
Hucal	0,022	0,766
Lihuel Calel		
Limay Mahuida		
Loventué	0,019	0,967
Maraco	0,034	0,974
Puelen	-0,133	1,767
Quemu Quemu	0,026	1,084
Rancul	0,027	0,928
Realico	0,029	0,962
Toay	0,022	0,798
Trenel	0,025	1,027
Utracan	0,019	0,844

## Anexo IV: Índice de precios al consumidor EEUU

Año	Inflación anual %	IPC EEUU 2010=100
2001	2,8	81,20
2002	1,6	82,50
2003	2,3	84,40
2004	2,7	86,60
2005	3,4	89,60
2006	3,2	92,40
2007	2,9	95,10
2008	3,8	98,70
2009	-0,36	98,40
2010	1,6	100,00
2011	3,2	103,20
2012	2,1	105,30
2013	1,5	106,80
2014	1,6	108,60
2015	0,1	108,70
2016	1,3	110,10
2017	2,1	112,40
2018	2,4	115,20
2019	1,8	117,20
2020	1,2	118,70

## Anexo V: Pérdidas por campaña y PBI anual en millones de USD a precios corrientes

Campaña	Pérdidas totales por año	PBI
2001/02	176,02	97724,00
2002/03	262,01	127586,97
2003/04	39,91	164657,93
2004/05	37,80	198737,10
2005/06	149,68	232557,26
2006/07	42,19	287530,51
2008/09	505,12	332976,48
2009/10	278,89	423627,42
2012/13	55,61	552025,14
2013/14	191,42	526319,67
2019/20	121,88	385540,22
2020/21	648,87	487227,34

Fuente: Elaboración propia