

# La sequía de 2017-2018 en la Pampa Húmeda argentina – impactos en la producción agropecuaria.

Federico Bert<sup>1</sup>, María de Estrada<sup>2</sup>, Gustavo Naumann<sup>3</sup>, Ricardo Negri<sup>4</sup>, Guillermo Podestá<sup>5</sup>,  
María de los Milagros Skansi<sup>6</sup>, Pablo Spennemann<sup>6,7</sup> y Mariano Quesada<sup>2</sup>

*(Los autores están listados en orden alfabético y todos han contribuido por igual)*

<sup>1</sup> Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, Argentina

<sup>2</sup> Oficina de Emergencias Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina

<sup>3</sup> European Commission, Joint Research Centre

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina

<sup>5</sup> Investigador independiente

<sup>6</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Argentina

<sup>7</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

## Resultados principales

- Una sequía intensa ocurrió entre fines de 2017 y principios de 2018 en la Pampa Húmeda del centro-este de Argentina. La sequía estuvo relacionada con un evento La Niña moderado y con otros modos intra-estacionales de variabilidad atmosférica. Varias localidades de la Pampa Húmeda mostraron mínimos históricos de precipitaciones durante este evento. La falta de lluvias se vio agravada por las altas temperaturas y las olas de calor observadas a principios de 2018.
- La sequía de 2017-18 tuvo impactos considerables sobre la producción y rendimiento de maíz y soja. Al propagarse por toda la economía argentina, las pérdidas en estos cultivos (alrededor de 1550 M USD) se triplicaron a unos 4600 M USD. Los impactos en la producción ganadera fueron menores que en sequías anteriores debido a la intensificación de los sistemas de producción, por ejemplo, el traslado del ganado a corrales de engorde donde el alimento se produce externamente. Una estimación conservadora sugiere que el PIB de Argentina disminuyó al menos 0,8% debido a esta sequía.
- La principal reacción gubernamental ante una sequía en Argentina es la declaración de “emergencia agrícola”. Esta declaración pospone el pago de impuestos provinciales y nacionales, extiende las fechas de vencimiento del pago de préstamos y brinda inmunidad contra ejecuciones hipotecarias bancarias.
- Hay múltiples acciones posibles para la mitigación de los impactos de sequía, tanto por parte de los gobiernos (por ej., habilitando la adopción de seguros agrícolas y de buenas prácticas agronómicas para agregar resiliencia) como por parte de individuos o empresas (por ej., modificando la asignación de tierras o la carga animal, el manejo agronómico y las estrategias de comercialización). Las respuestas a nivel de finca son efectivas bajo sequías débiles a moderadas, pero los eventos fuertes superan la capacidad de amortiguación de impactos, particularmente para las fincas pequeñas.
- El conocimiento limitado de las asociaciones entre las características de una sequía y los tipos y magnitudes de impactos probables es un impedimento importante para la gestión proactiva del riesgo de este fenómeno por parte de los sectores público y privado. Debido a esta brecha de conocimiento, es difícil definir cuándo se deben emitir diferentes niveles de alertas o cuándo iniciar acciones de mitigación. A pesar de su crítica importancia, la información sobre los impactos agropecuarios de diversas amenazas climáticas todavía no se recopila ni registra de manera sistemática en Argentina.
- Las responsabilidades por la gestión de la sequía están dispersas entre muchas instituciones argentinas en múltiples niveles jurisdiccionales. Existe poca coordinación entre estas instituciones para definir quién debe realizar qué acciones y cuándo –antes, durante y después de una sequía.
- Hay una gran necesidad de diseñar arreglos innovadores para asegurar la participación de un conjunto diverso de actores (ONGs, productores agropecuarios individuales, asesores agronómicos y agentes de extensión agrícola) para ayudar a diseñar conjuntamente sistemas más eficaces de información sobre sequía.

# 1 Prólogo

Este estudio se enfoca en la Pampa Húmeda, la planicie del centro-este de Argentina que constituye uno de los principales graneros del mundo [1-3]. Estudiamos una intensa sequía que se desarrolló entre fines de 2017 y principios de 2018 y tuvo impactos considerables en la producción agrícola y ganadera, y sobre la economía argentina en general; esta sequía ha sido calificada por algunos como "el desastre natural más costoso registrado en Argentina" [4].

## 2 La Pampa Húmeda de Argentina

El clima templado, los suelos profundos y fértiles y los sistemas de cultivo de la Pampa Húmeda han sido descritos por Calviño y Monzón [1], Hall et al. [5]. Las prácticas agrícolas son mecanizadas y eficientes, con una producción orientada a los mercados nacionales y globales. Las rotaciones características de cultivos incluyen maíz, soja y un doble cultivo de trigo y soja –trigo seguido de soja de ciclo corto, lo que permite dos cosechas en un ciclo [6]. Durante las últimas 2-3 décadas, se ha producido una concentración de la producción en las Pampas: el número de fincas activas ha disminuido, mientras que el área promedio cultivada por cada productor aumentó [7-10].

Partes de la Pampa Húmeda muestran una característica relativamente infrecuente que tiene implicancias para su vulnerabilidad a la sequía: una topografía extremadamente plana con pendientes regionales  $< 0.1\%$  [11] y redes de drenaje poco desarrolladas. En estas "hiperplanicies", la evacuación horizontal de los excesos de agua está restringida, lo que conduce a napas freáticas poco profundas [12]. El agua subterránea puede amortiguar los efectos de la sequía: si las raíces de los cultivos pueden alcanzar la napa, esta puede compensar parcial o totalmente un eventual déficit de lluvia [13-15]. Es decir, este "subsidio del agua subterránea" contribuye a estabilizar los rendimientos de cultivos de secano (y, consecuentemente, los ingresos de los productores) si la precipitación es insuficiente antes o durante un ciclo de cultivo [16, 17].

### 2.1 El clima de la Pampa Húmeda

Los cultivos extensivos en la Pampa Húmeda se realizan principalmente bajo secano (sin riego), por lo que su rendimiento y la producción dependen casi exclusivamente de la lluvia caída antes o durante el ciclo de cultivo. Las precipitaciones anuales en la Pampa Húmeda varían entre 600 y 1000 mm. Sin embargo, hay variaciones considerables y en gran medida impredecibles de año a año que introducen una volatilidad considerable en los rendimientos. La principal fuente de variabilidad climática interanual es el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) [18-20]. Cambios en la circulación atmosférica sobre América del Sur relacionados con el ENOS influyen en el transporte de humedad tropical hacia zonas extratropicales; estos efectos también modulan el chorro de bajo nivel al este de los Andes que favorece o suprime la ocurrencia de eventos de precipitación extrema [21].

Hay vínculos marcados entre las dos fases extremas del ENOS (eventos El Niño y La Niña) y la precipitación en la Pampa Húmeda en la primavera y verano austral: los eventos El Niño generalmente están asociados con una precipitación media más alta, mientras que los eventos La Niña muestran una lluvia consistentemente más baja [20]. Los impactos del ENOS sobre la agricultura de la Pampa han sido ampliamente documentados [22-33]. Otros procesos atmosféricos que influyen sobre el clima del sureste de América del Sur incluyen el transporte de humedad desde la selva amazónica hacia el este, el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la posición y fuerza del anticiclón del Atlántico sur y la Oscilación Antártica [34-37].

Además de la señal climática interanual, la Pampa Húmeda ha mostrado una marcada variabilidad decadal, con alternancia de períodos secos y húmedos [38-41]. Desde la década de 1970 se ha observado un aumento de la precipitación anual, particularmente durante el semestre cálido [20, 39, 42, 43]. Las tendencias

crecientes de precipitación en esta región han estado entre las más altas observadas mundialmente durante el siglo XX [44]. En las Pampas, las isohietas medias anuales tienen una orientación meridional; la precipitación anual disminuye principalmente de este a oeste [34]. En consecuencia, el aumento de las precipitaciones fomentó en parte una expansión de la agricultura hacia el oeste [8].

## 2.2 Tendencias recientes en los sistemas agrícolas de la Pampa Húmeda

Los efectos entrelazados de factores climáticos, tecnológicos [6, 45-48], institucionales y económicos [49-51] han inducido cambios en el uso de la tierra en la Pampa Húmeda con un ritmo y escala sin precedentes [52-55]. La agricultura extensiva se expandió hacia áreas previamente más secas de Argentina, desplazando a otros cultivos, pasturas y pastizales naturales [2, 54, 56-59]. A la vez, la producción ganadera se intensificó a través de corrales de engorde (feedlots) o se desplazó a ambientes marginales y más frágiles, por ejemplo, el Chaco seco al norte de las Pampas [60, 61]. Un aspecto importante del cambio de uso de la tierra ha sido el dominio creciente de la soja a partir de la introducción —a mediados de la década de 1990— de variedades de soja modificadas genéticamente y tolerantes a herbicidas [10, 62-67]. La adopción generalizada de la soja transgénica, junto con la labranza cero [68], ha reducido marcadamente los costos de producción y simplificado el manejo agronómico, facilitando así la expansión de este cultivo.

Los cambios recientes en el uso de la tierra y en los sistemas agrícolas y ganaderos han tenido consecuencias tanto positivas como negativas sobre los posibles impactos de una sequía, y la exposición y vulnerabilidad a este fenómeno de la producción agropecuaria en la Pampa Húmeda. Por ejemplo, la producción de los cultivos que se expandieron a regiones anteriormente más secas, en parte como respuesta al aumento de las precipitaciones, puede no ser sostenible si, como es totalmente factible [34], el clima retorna a niveles más secos. Una innovación con beneficios importantes para la resiliencia a la sequía es la adopción generalizada —más del 90% de la superficie cultivada en la Pampa Húmeda [68]— de la labranza cero. En estas áreas, la perturbación mínima del suelo, junto con el hecho de que la superficie siempre está cubierta por rastrojos, aumentan la infiltración y reducen la evaporación.

La expansión de la soja en la Pampa Húmeda puede haber aumentado indirectamente la vulnerabilidad de esta región a la sequía: la siembra de soja durante varios años seguidos en el mismo lote —por razones económicas, particularmente en fincas pequeñas— redujo la rotación de cultivos que mejora la disponibilidad de agua en el suelo al aumentar la infiltración, la porosidad y la capacidad del suelo de retener agua [59, 64, 69-72]. Además, las rotaciones distribuyen en el tiempo la exposición a riesgos climáticos, ya que los ciclos de crecimiento y períodos sensibles difieren entre cultivos. El predominio de un solo cultivo (la soja) hace que la Pampa Húmeda sea mucho menos resiliente a extremos climáticos como la sequía u otros shocks como una caída de los precios agrícolas o la emergencia de plagas y enfermedades [3]. Afortunadamente, la expansión de la soja ha comenzado a revertirse en respuesta a los contextos político, tecnológico y económico. En la última década, el área de soja en Argentina se redujo de 19-20 M ha a alrededor de 17 M ha y el área de maíz, a su vez, aumentó de 3.5 M ha en 2009/10 a alrededor de 9 M ha en 2018-19. Al mismo tiempo, el aumento en la superficie sembrada con maíz estuvo acompañado por avances tecnológicos que duplicaron la producción de este cultivo en Argentina en los últimos 4-5 años [73].

Otra característica importante de los sistemas de producción con implicaciones para la vulnerabilidad de la Pampa Húmeda la sequía es el régimen de tenencia de la tierra: más del 60% de las tierras agrícolas en esta región no son propiedad de quienes las cultivan [60, 74]. Hay estudios que sugieren que la tierra arrendada a menudo se administra de manera diferente a la tierra propia [75, 76]: los contratos de corto plazo (1-3 años) típicos de la Pampa Húmeda pueden limitar la adopción por parte de los arrendatarios de prácticas y tecnologías que aportan resiliencia: a menudo estas prácticas implican altos costos iniciales, una inversión de varios años y un proceso extendido de aprendizaje.

### 2.3 Las sequías en la Pampa Húmeda

El último siglo ha sufrido episodios recurrentes de inundaciones y sequías en las Pampas, que han afectado la producción agropecuaria y los medios de vida de los productores [77-81]. Minetti et al. [82] identificaron los principales eventos secos del siglo XX en la Pampa Húmeda, que ocurrieron en 1910-11, 1916-17, 1924-25, 1928-29, 1936-37, 1937-38, 1944-45 y 1975-76. Las sequías fueron habituales durante las décadas más secas de 1930-1950 [83, 84]: de hecho, durante la década de 1930, la Pampa Húmeda sufrió sequías que persistieron por varios años, causaron considerable erosión del suelo y generaron masivas tormentas de polvo similares a lo que ocurrió durante el llamado “Dust Bowl” en el medio oeste de los Estados Unidos [40, 85]. El aumento de la precipitación anual que comenzó en la década de 1970 aparentemente redujo la frecuencia de sequías intensas. Minetti et al. [82] estimaron que las sequías del siglo XX mostraron déficits de precipitación de 300-600 mm año<sup>-1</sup>, o 30-60% por debajo de los valores normales para una región con totales anuales de 600-1200 mm. Naumann et al. [86] listaron las sequías principales más recientes en las Pampas: dos de los eventos secos más dañinos, además de la sequía de 2017-18 analizada aquí, ocurrieron en 1988-89 y 2008-09. La sequía de 1988-89 tuvo impactos económicos muy significativos, con pérdidas de hasta 20% en la producción de granos y niveles mínimos de generación de energía hidroeléctrica en el noroeste de la Patagonia argentina [87]. La sequía de 2008-09, por otra parte, fue uno de los eventos más severos en el mundo durante los últimos 60 años: en su apogeo, más de la mitad de Argentina estaba experimentando, al menos, una sequía moderada y el 20% del país estaba bajo condiciones de sequía severa [86, 88].

La sequía agronómica –el foco de este estudio– puede caracterizarse mediante el Índice de Precipitación Estandarizado [89] para una escala temporal de 3 meses (en adelante, SPI-3). Un estudio detallado de las sequías históricas en la Pampa argentina entre 1961 y 2008 identificó 46 eventos (definidos como SPI-3 < -1); estas sequías tuvieron una duración media de aproximadamente 2 meses y una intensidad media (es decir, el promedio de los valores de SPI-3 durante un evento seco) de aproximadamente -1,5 [90]. Los eventos secos fueron más frecuentes en la Pampa Húmeda que en otras partes de Argentina. Las sequías más prolongadas en esta región ocurrieron en las décadas de 1960 y 1970 (Rivera, 2014); debe remarcar que los eventos secos muy prolongados pueden desencadenar múltiples efectos en cascada.

Las proyecciones de la frecuencia y gravedad promedio de las sequías a corto y largo plazo sugieren que las sequías pueden volverse más frecuentes e intensas, pero de menor duración, en escenarios de emisiones de gases invernadero moderadas y altas en el sur de América del Sur. Recientemente, Spinoni et al. [91] utilizaron un conjunto de simulaciones climáticas de alta resolución (CORDEX) y concluyeron que es probable que hacia fines del siglo XXI se produzcan sequías más graves y frecuentes, en particular para escenarios de altas emisiones. En comparación con un mundo antes del cambio climático antropogénico, las proyecciones más recientes de modelos climáticos de vanguardia muestran una tendencia consistente hacia condiciones más secas y un aumento en la ocurrencia de sequías extremas en muchas regiones para fines del siglo XXI; sin embargo, la Pampa Húmeda parece ser una excepción a esta tendencia [92].

## 3 La sequía de 2017-2018 en la Pampa Húmeda

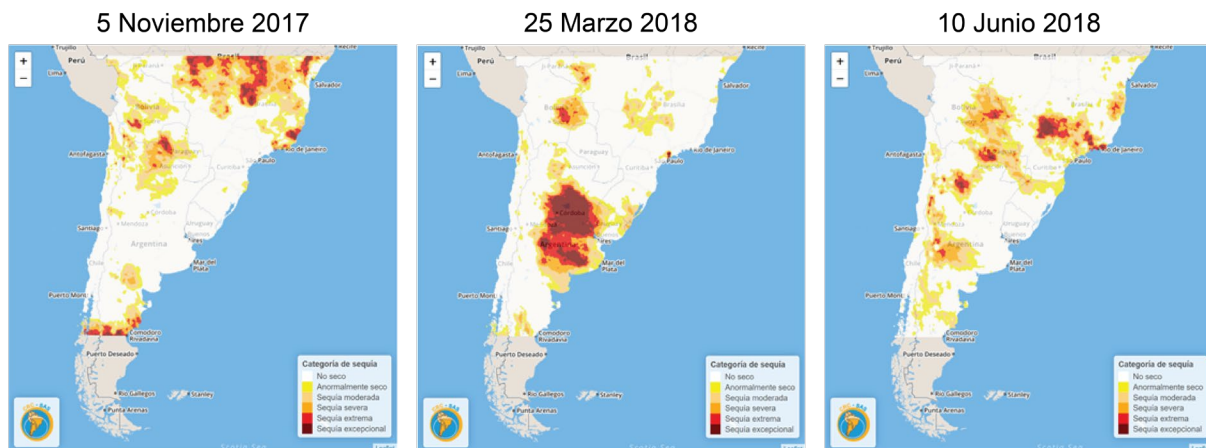
En esta sección se describe el inicio, evolución y finalización de la intensa sequía de 2017-18 en la Pampa Húmeda argentina. Según el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, esta sequía fue el resultado de una combinación de condiciones La Niña leves y otros modos de variabilidad atmosférica intra-estacional. Conjuntamente, estos forzantes redujeron el flujo de lluvia y humedad sobre la Pampa Húmeda durante la primavera y el verano austral, fomentando el inicio e intensificación de las condiciones secas. Catorce estaciones meteorológicas a lo largo de la Pampa Húmeda reportaron mínimos históricos de precipitación acumulada entre octubre de 2017 y febrero de 2018. De diciembre de 2017 a mayo de 2018 hubo anomalías de temperatura media diaria > 1°C en gran parte de la región; estas anomalías alcanzaron su punto máximo

en abril de 2018, cuando llegaron a  $> 3^{\circ}\text{C}$ . Asimismo, se observaron múltiples olas de calor a través de la región entre diciembre de 2017 y febrero de 2018.

Para seguir la evolución del evento 2017-18 utilizamos aquí dos índices de sequía producidos por el Sistema de Información de Sequía para el sur de América del Sur (SISSA; esta institución se describe más abajo). Primero, usamos mapas de categorías de sequía calculadas a partir de estimaciones de lluvia generadas por el proyecto CHIRPS [93]. Los datos CHIRPS se estiman mediante la combinación de datos satelitales y observaciones *in situ*. Los datos se producen por péntadas (períodos de aproximadamente 5 días) y están disponibles desde 1981 en una cuadrícula de aproximadamente  $5 \times 5$  km. En este estudio, primero se ajustó una distribución no paramétrica [94] a la serie temporal de totales de lluvia para cada celda de la cuadrícula sobre el sur de Sudamérica; esta distribución se utilizó luego para expresar estos totales de lluvia como percentiles. Finalmente, los percentiles se utilizaron para asignar cada combinación de péntada/año en cada celda de la cuadrícula a una de las seis categorías de sequía definidas por el Monitor de Sequía de EE. UU. [95]: estas categorías van desde "no seco" (valores de percentil  $> 30$ ) a "sequía excepcional" (percentiles  $\leq 2$ ).

La Figura 1 muestra mapas de las categorías de sequía para el sur de América del Sur durante tres momentos del evento 2017-18. El panel de la izquierda corresponde al período de tres meses que finalizó el 5 de noviembre de 2017. En ese momento, la Pampa Húmeda estaba mayormente libre de sequía; en cambio, se observó sequía moderada a extrema en el Chaco seco del norte de Argentina y el oeste de Paraguay. Alrededor del 5 de diciembre de 2017 (no se muestran los datos), las condiciones secas se trasladaron hacia el sur: se detectó una sequía moderada en el norte de la provincia de Córdoba (el extremo norte de la Pampa Húmeda). A mediados de diciembre de 2017, las áreas secas ocupaban gran parte de las provincias de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires y el norte de Entre Ríos (la Figura 2 muestra la ubicación de estas provincias). Durante enero de 2018, las condiciones secas se mantuvieron, pero su extensión se expandió y contrajo. La sequedad se intensificó durante febrero de 2018 y a mediados de marzo de 2018 (panel central en Figura 1) grandes extensiones de la Pampa Húmeda presentaban condiciones severas, extremas y excepcionales. Dichas condiciones persistieron durante todo abril de 2018, hasta que, finalmente, las áreas secas comenzaron a reducirse en mayo de 2018. Para el 10 de junio de 2018 (panel derecho en Figura 1) la mayoría de la Pampa Húmeda había regresado a condiciones no secas, excepto el borde occidental de Buenos Aires y la porción oriental de la provincia de La Pampa.

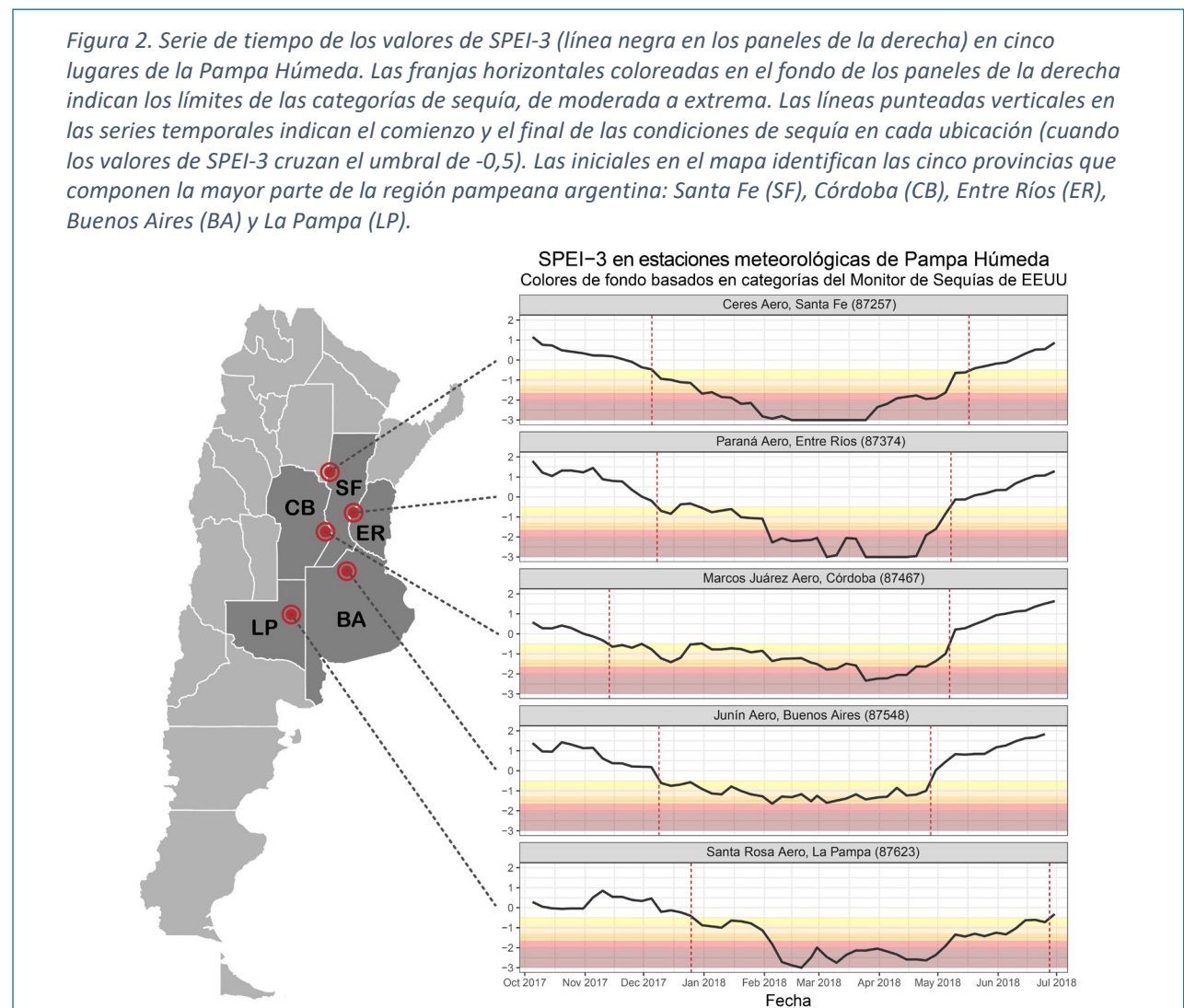
Figura 1. Categorías de sequía para el sur de América del Sur calculadas a partir de anomalías de lluvia de CHIRPS (ver texto para más detalles). De izquierda a derecha, los paneles corresponden a períodos de 3 meses que finalizaron el 5 de noviembre de 2017, el 25 de marzo de 2018 y el 10 de junio de 2018, respectivamente.



Para describir el evento utilizamos también el Índice de Evaporación de Precipitación Estandarizada (SPEI), que combina datos de precipitación y temperatura [96]. El SPEI se calculó a partir de observaciones de lluvia y temperatura en estaciones meteorológicas. Debido a que las altas temperaturas experimentadas durante este evento probablemente intensificaron los impactos de la escasez de lluvias (al aumentar la demanda atmosférica de agua), el SPEI puede ser más apropiado que el SPI —que considera solo lluvia. Los valores de SPEI se calcularon seis veces al mes (para las fechas que coincidían con las pñtadas de CHIRPS) utilizando una ventana móvil de 3 meses. La Figura 2 muestra series temporales del índice SPEI-3 en cinco lugares de la Pampa Húmeda: Ceres, Marcos Juárez, Junín, Paraná y Santa Rosa. La serie de SPEI-3 confirma la evolución temporal descrita anteriormente en base a las categorías de sequía CHIRPS.

**Marcos Juárez:** Fue la primera localidad en mostrar condiciones anormalmente secas (SPEI-3 < -0.5) alrededor del 15 de noviembre de 2017. Sin embargo, las condiciones de sequía severa se mantuvieron hasta mediados de marzo de 2018, cuando comenzaron condiciones extremas y excepcionales que se prolongaron hasta mediados de abril 2018. Las condiciones no secas regresaron recién a mediados de mayo de 2018, unos seis meses después del inicio del evento en esta ubicación.

**Ceres:** Ceres presentó condiciones secas por primera vez un par de semanas después de Marcos Juárez, es decir, en la primera quincena de diciembre de 2017. El SPEI-3 disminuyó rápidamente hasta que se llegó a



sequía extrema a principios de enero de 2018, condiciones que persistieron hasta principios de mayo de 2018. Se volvió rápidamente a condiciones no secas a mediados de mayo de 2018.

**Junín:** Las condiciones anormalmente secas comenzaron alrededor de la primera quincena de diciembre de 2017. Sin embargo, entre ese momento y el regreso a una situación no seca (fines de abril de 2018), esta localidad nunca experimentó una sequía severa o excepcional, a diferencia de las otras cuatro ubicaciones consideradas.

**Paraná:** Condiciones anormalmente secas comenzaron casi al mismo tiempo que en Ceres y Junín –a principio de diciembre de 2017. Entre comienzos de febrero y finales de abril de 2018, esta estación experimentó una sequía extrema y excepcional. Durante la primera quincena de mayo de 2018, las condiciones volvieron rápidamente a la normalidad.

**Santa Rosa:** Esta localidad, la más al sur en la zona estudiada, experimentó condiciones anormalmente secas más tarde que las otras estaciones, en la segunda quincena de diciembre de 2017. Durante enero de 2018, las condiciones se intensificaron de sequía de lenta a moderada, pero a principios de febrero de 2018 la sequía empeoró rápidamente, llegando a niveles extremos y categorías excepcionales. Santa Rosa fue la última de las ubicaciones analizadas en volver a condiciones no secas a fines de junio de 2018.

La Figura 3 muestra una serie temporal de la proporción de área bajo cada categoría de sequía en las cinco principales provincias argentinas de la Pampa Húmeda. La figura muestra que Córdoba (CB, ver Figura 2) fue la primera en experimentar condiciones de sequía. En general, las condiciones más intensas ocurrieron en el período entre enero y abril de 2018. Durante ese tiempo, las provincias de Córdoba y Entre Ríos (ER) estuvieron totalmente bajo alguna condición de sequía. Santa Fe (SF) y Buenos Aires (BA) no llegaron a tener el 100% de su área bajo sequía, pero estuvieron cerca de ello. Como se describió anteriormente, la provincia de La Pampa (LP) mostró la mayor duración de condiciones secas, y casi toda la provincia estuvo bajo sequía entre fines de mayo y principios de junio de 2018.

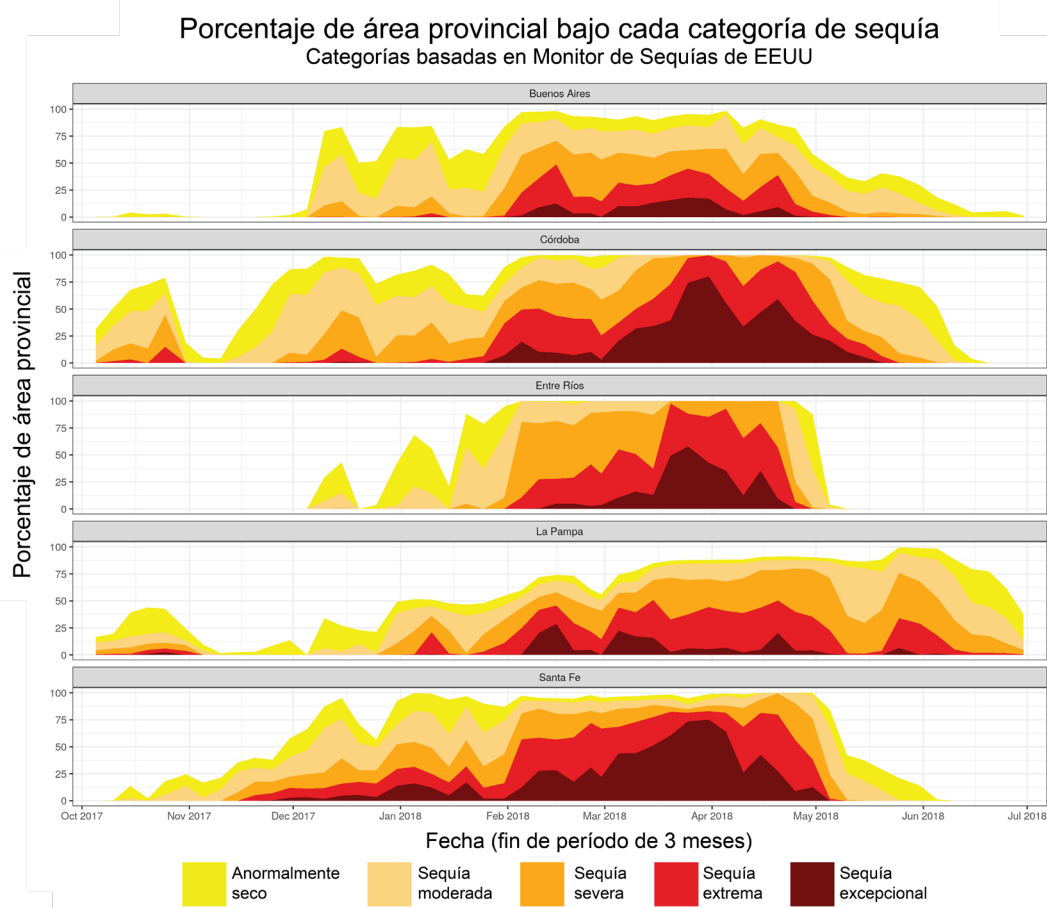
### 3.1 Impactos socioeconómicos directos e indirectos de la sequía de 2017-18 en la Pampa Húmeda

Los cultivos extensivos de verano (maíz y soja) sufrieron los mayores impactos de la sequía de 2017-18. La producción argentina de soja (concentrada en la Pampa Húmeda) fue 31% menor en 2017-18 que tanto en el ciclo anterior como en el siguiente. El rendimiento promedio de soja fue de 2316 kg ha<sup>-1</sup>, aproximadamente un 27% y 31% menor que en los ciclos anterior y siguiente, respectivamente [73]<sup>1</sup>. La soja de ciclo corto (o de segunda siembra) fue la más afectada, ya que el agua del suelo había sido consumida por el cultivo invernal precedente (trigo) y la humedad no fue repuesta por las lluvias durante el verano austral [97]. De manera similar, la producción argentina de maíz en 2017-18 fue 13% y 23% menor que en los ciclos anteriores y siguientes, respectivamente. El rendimiento de maíz promedio a nivel nacional fue de 6088 kg ha<sup>-1</sup>, 80% y 77% de los rendimientos en los ciclos anterior y siguiente. Debido a que las condiciones de sequía fueron muy intensas en febrero-marzo de 2018, la mayor parte de la producción perdida (7,5 M de toneladas) fue experimentada por el maíz de siembra tardía (para el cual el período de floración sensible ocurre en esos meses): los rendimientos promedio fueron aproximadamente 6610 y 5300 kg ha<sup>-1</sup> para maíz de siembra temprana y tardía, respectivamente [98].

---

<sup>1</sup> Aquí utilizamos estadísticas agrícolas tanto del Ministerio de Agricultura de Argentina (Estimaciones Agrícolas) como de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Es posible que existan discrepancias menores en el rendimiento y las cifras de producción, en parte porque las estadísticas de la Bolsa de Cereales solo consideran el grano que se comercializa, a diferencia de las estadísticas oficiales del gobierno que incluyen toda la producción. La discrepancia no es muy relevante para la soja, pero la producción de maíz no comercializada (por ejemplo, el grano consumido dentro de una finca para alimentar al ganado) a menudo es mucho más importante.

Figura 3. Serie de tiempo de la proporción del área de cinco provincias (o estados) en la Pampa Húmeda de Argentina bajo diferentes condiciones de sequía, desde anormalmente secas hasta extremas. Las categorías de sequía son similares a las definidas por el Monitor de Sequías de los Estados Unidos. La ubicación de las cinco provincias se muestra en la Figura 2.



El impacto de la sequía sobre los ingresos de los agricultores debido a la menor producción en 2017-18 fue compensado en parte por precios internos más altos vinculados a la disminución de la oferta. Los precios del maíz y la soja aumentaron alrededor del 15% entre septiembre-octubre de 2017 y febrero de 2018, cuando se intensificaron las condiciones de sequía. La baja producción en la Pampa Húmeda también influyó en los mercados globales. Los precios del maíz en EE.UU. aumentaron 14% entre diciembre de 2017 y febrero de 2018, ya que las exportaciones estadounidenses debió cubrir la demanda que Argentina no pudo satisfacer [4]. Además, el índice de precios de alimentos de la FAO-ONU subió 1,7% de enero a febrero de 2018, en gran medida debido al impacto de la sequía en Argentina en la producción global de maíz ([www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/](http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/)). Por el contrario, los precios internacionales de la soja no aumentaron significativamente debido a una gran cosecha en Brasil. Los expertos consultados señalaron que las fluctuaciones de los precios de la soja y el maíz relacionadas con la sequía de 2017-18, aunque muy relevantes para los agricultores que experimentaron esa sequía, fueron relativamente pequeñas en relación con la volatilidad histórica de los precios de estos productos.

La sequía de 2017-18 redujo las exportaciones argentinas de maíz y soja en 4842 M USD (el sector agrícola representa alrededor del 60% del total de las exportaciones argentinas) (Bolsa de Cereales, 2018b; Bolsa de

Cereales, 2018c). Además, se estimó que este evento seco provocó una disminución del 0,2% en el PIB de Argentina. Sin embargo, esta estimación solo considera el impacto directo de una menor producción agrícola y no incluye los impactos en cascada a lo largo de la cadena de suministro: varias estimaciones publicadas de la disminución general del PIB oscilaron entre 0,8 y 3,0% [99, 100].

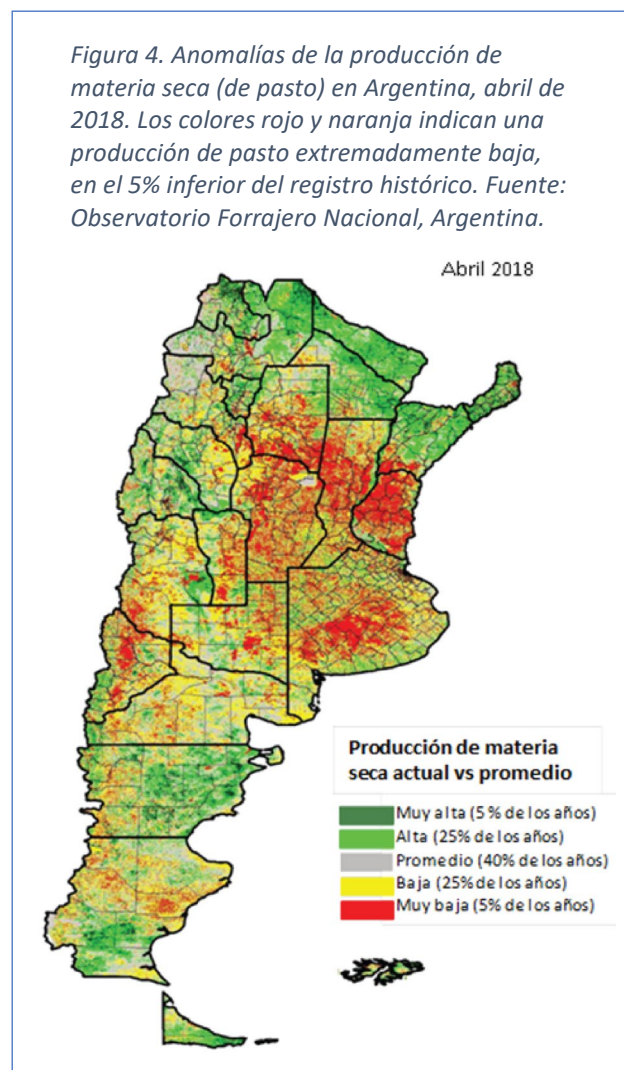
El evento seco de 2017-18 tuvo impactos considerables sobre los sistemas de producción de carne, otro rubro de exportación muy importante para Argentina, un país conocido en todo el mundo por la calidad de su carne. La producción extensiva de ganado de carne en la Pampa argentina se basa, en gran medida, en el pastoreo de campos naturales y praderas implantadas [101]. Debido a las condiciones secas, la producción de pasto estimada a través de imágenes satelitales disminuyó de manera constante desde octubre de 2017 hasta marzo de 2018. Para entonces, muchas partes de la Pampa Húmeda mostraban una producción inusualmente baja de pasto (cerca del percentil 5 de la distribución histórica, Figura 4) según el Observatorio Forrajero Nacional de Argentina (<http://produccionforrajes.org.ar/>).

A diferencia de lo que sucedió durante fuertes sequías anteriores en la región, como el evento de 1988-89 en Uruguay [102], la sequía de 2017-18 en Argentina no causó alta mortalidad de ganado ni ventas forzadas a precios bajos. Las tasas de faena aumentaron poco; en cambio, las estadísticas sugieren que la mayoría de las ventas de ganado se destinaron a corrales de engorde o fincas de terminación. Los impactos relativamente limitados en la producción ganadera estuvieron relacionados, en parte, con la creciente sustitución de sistemas basados en pasto por corrales de engorde. Este cambio reciente aumentó indirectamente la resistencia a la sequía, a pesar de tener posiblemente otros impactos ambientales negativos.

Debido a las prolongadas escalas de tiempo de los sistemas de producción de carne bovina, los impactos de una sequía pueden perdurar mucho más allá del momento en que las lluvias vuelven a la normalidad. Por ejemplo, las condiciones secas a principios del otoño de 2018 retrasaron la implantación de nuevas pasturas, lo que disminuyó la disponibilidad de forraje y, por lo tanto, la condición general de los animales y las tasas de reproducción a finales de 2018. A menudo, los productores no pueden reemplazar la hacienda perdida o vendida enseguida después del fin de una sequía, ya que carecen de capital debido a un flujo de fondos reducido: la recuperación, por lo tanto, puede llevar más tiempo que el evento seco en sí mismo.

La producción lechera, otra importante actividad ganadera en la Pampa Húmeda, se vio afectada por la sequía de 2017-18, pero estos impactos se retrasaron en comparación con el momento de mayor intensidad del evento. De hecho, a principios de 2018, cuando la sequía fue más intensa, la producción de leche aumentó entre un 10% y un 20% en las principales regiones lecheras de Argentina. Este aumento contraintuitivo puede explicarse por un par de razones. Primero, las principales regiones lecheras de la Pampa habían experimentado

Figura 4. Anomalías de la producción de materia seca (de pasto) en Argentina, abril de 2018. Los colores rojo y naranja indican una producción de pasto extremadamente baja, en el 5% inferior del registro histórico. Fuente: Observatorio Forrajero Nacional, Argentina.



inundaciones considerables durante la primera mitad de 2017 [103], estableciendo así una línea de base relativamente baja para evaluar cambios interanuales de producción en 2018. Además, la intensificación de los sistemas de producción lechera, con una mayor provisión de granos y otros suplementos para los animales, limitaron una disminución mayor de la producción. Sin embargo, se experimentaron impactos negativos retardados —en la segunda mitad de 2018: las condiciones secas experimentadas a principios de ese año redujeron la disponibilidad de silaje de maíz.

Una secuela de la sequía de 2017-18 fue la declaración gubernamental de emergencia agrícola (ver Sección 5.1) en muchas provincias de la Pampa Húmeda. Las declaraciones de emergencia abarcaron varias actividades productivas y se extendieron hasta por 12 meses. Toda la provincia de Entre Ríos (Figura 2) estuvo en emergencia al comienzo del evento. En Santa Fe, la emergencia se fue declarando progresivamente hasta cubrir toda la provincia. Buenos Aires y Córdoba siguieron una estrategia similar: estas provincias se apoyaron en índices satelitales para limitar las declaraciones de emergencia a las zonas más afectadas. El sector ganadero de la provincia de La Pampa ya se encontraba en situación de emergencia; otras regiones al norte de la Pampa también fueron cubiertas por las declaraciones, aunque no son discutidas aquí.

### 3.2 Impactos en cascada y compuestos; riesgos de fallas sistémicas

Los impactos de la sequía en la producción agrícola se propagan ampliamente entre otros sectores de la economía. Por ejemplo, cada dólar perdido en la producción de cultivos tiene un impacto estimado de unos tres dólares sobre toda la economía argentina debido al menor gasto e inversión de los agricultores junto con impactos a lo largo de la cadena de valor de un cultivo. Las pérdidas directas de producción de maíz y soja en 2017-18 se estimaron en 1550 M USD; en consecuencia, se estima que estas pérdidas provocaron un impacto global de unos 4600 M USD para la economía argentina.

Argentina es actualmente el principal exportador mundial de aceite y harina de soja, y el tercer exportador mundial de poroto de soja. El enorme crecimiento de la producción de soja argentina generó una importante inversión privada en infraestructura de procesamiento: Argentina tiene algunas de las plantas de procesamiento (trituration) más grandes del mundo [104]. El volumen de soja comercializado en 2017-18 fue de alrededor de 18 millones de toneladas menos que el valor originalmente proyectado para ese ciclo [97]. Como se tritura aproximadamente el 75% de la producción argentina de soja, en ese ciclo las plantas de procesamiento manejaron alrededor de 13,5 millones de toneladas menos que lo esperado. Para evitar la inactividad de las plantas de trituration, Argentina debió aumentar sus importaciones de soja no solo de los vecinos Paraguay y Bolivia (lo que es habitual), sino incluso de Estados Unidos.

Muchos otros impactos ocurrieron a lo largo de la cadena de valor de la soja: Gutiérrez Cabello [105] estimó que se perdieron alrededor de 1200 M USD entre las tranqueras de las fincas y las plantas de procesamiento/exportación. La mayor parte de estas pérdidas (45%) correspondió a costos de transporte: se estima que se perdieron unos 600.000 viajes de camión. Los ganaderos y los productores de leche vieron aumentar sus costos debido a los precios más altos del maíz en 2017-18. Como se discutió más arriba, los sistemas ganaderos pueden requerir un tiempo considerable para recuperarse de una sequía debido a la pérdida de capital (animales muertos o vendidos). Si las sequías —aunque no sean muy intensas— comienzan a ocurrir con mayor frecuencia y el flujo de fondos se ve perturbado más a menudo, puede haber una pérdida acumulativa y posiblemente irreversible de capital que obligue a los ganaderos a abandonar la actividad.

Las condiciones secas prolongadas pueden desencadenar otros impactos en cascada sobre los ecosistemas de la Pampa Húmeda. Históricamente, un mayor número de incendios forestales o de pastizales está vinculado a condiciones secas (por ejemplo, como en 2004, 2009, 2010, 2011, 2014, 2018). El evento de 2017-18 mostró una coincidencia espacial entre las áreas afectadas por la sequía y las áreas con incendios de pastizales reportados en la provincia de La Pampa (Figura 2): 1,164,677 hectáreas fueron afectadas por incendios; casi 200.000 cabezas de ganado estuvieron en peligro. La provincia de Buenos Aires también mostró muchos incendios pero no declaró emergencia.

En un mundo crecientemente interconectado, perturbaciones en una o varias partes del sistema pueden tener efectos dominó que se propagan a través de las redes mundiales de comercio. En circunstancias normales, el sistema alimentario mundial puede compensar pérdidas locales relacionadas con el clima mediante el almacenamiento y el comercio de cereales. Por ejemplo, las pérdidas de soja debido a las precipitaciones en India y Argentina están correlacionadas negativamente, por lo que pérdidas en India probablemente se pueden compensar con importaciones de Argentina [106]. Sin embargo, el riesgo de condiciones climáticas extremas que lleven a una producción agrícola mundial inusualmente baja puede exacerbarse si varios "graneros" mundiales sufren pérdidas al mismo tiempo. Por ejemplo, que el fenómeno ENOS tiene impactos en los rendimientos en todos los continentes que producen cultivos [107-109]. Los impactos del ENOS en la agricultura se han documentado no solo para la Pampa Húmeda (ver Sección 2.1), sino también para otros países del sureste de América del Sur: la variabilidad interanual en la lluvia relacionada con ENOS influye en los rendimientos de maíz y soja en el sur de Brasil [110, 111] y el este de Paraguay [112]. Los cambios relacionados con el ENOS en la duración de las rachas secas afectan los rendimientos de maíz en Uruguay [113]. Además, Anderson et al. [32] mostraron que las anomalías de rendimiento locales inducidas por el ENOS en las principales regiones agrícolas de América del Norte y del Sur, en particular los Estados Unidos y el sureste de América del Sur, a menudo tienen el mismo signo para un año determinado, lo que significa que el ENOS presenta un riesgo correlacionado para la producción agrícola en las Américas. Además de la variabilidad climática interanual, las proyecciones globales de un mayor estrés hídrico en la mayoría de los graneros mundiales [114] pueden plantear un estrés adicional en el sistema alimentario mundial. En particular, los graneros mundiales pueden experimentar un aumento de temperatura entre 1,5 y 2,0 °C [115]. Estos riesgos presentes y futuros sugieren que los riesgos sistémicos deben considerarse como parte de un plan nacional de gestión de la sequía para enfrentar mejor a las presiones internas y externas.

## **4 Opciones de manejo, mitigación y adaptación a la sequía existentes y/o potenciales en la Pampa Húmeda**

Para organizar esta discusión, describimos por separado las acciones posibles para reducir los impactos de la sequía por parte de agencias gubernamentales de varios tipos y jurisdicciones, y por tomadores de decisiones individuales (agricultores, cooperativas o firmas). Además, considerando la tendencia moderna a fomentar la preparación y planificación activas para una sequía, en lugar de simplemente reaccionar después de una crisis, separamos las posibles acciones en "reactivas" y "proactivas".

### **4.1 Acciones gubernamentales reactivas**

En Argentina, la principal reacción del gobierno ante una sequía y otros desastres (por ejemplo, inundaciones e incendios) con impactos en la producción agrícola es la declaración de "emergencia agrícola". Esta declaración pospone (¡pero no cancela!) los impuestos nacionales y provinciales, extiende las fechas de vencimiento de préstamos y ofrece protección contra ejecuciones hipotecarias bancarias. Las declaraciones de emergencia que cubren regiones y períodos específicos son emitidas por el Sistema Nacional de Prevención y Mitigación de Emergencias y Desastres Agrícolas, creado en 2009. Antes de otorgar los beneficios, los impactos deben ser verificados por el gobierno —en el pasado, mediante inspecciones *in situ*; más recientemente, utilizando datos de satélite. Si bien la declaración de emergencia es la principal respuesta gubernamental contra la sequía, los productores argentinos consultados afirmaron que los impactos financieros de esta medida son limitados y no contribuyen significativamente a la recuperación de las pérdidas. Otro componente del sistema de emergencias agrícolas es un fondo de prevención y mitigación. Desafortunadamente, el tamaño de este fondo (500 millones de pesos argentinos por año) no ha cambiado desde su creación en 2009, por lo que su valor se ha visto erosionado desde entonces por la inflación de Argentina. En el momento de redactar este estudio, el fondo anual tiene un valor aproximado de 7,1 M USD:

si esta suma se destinara en su totalidad a proporcionar insumos agrícolas después de una emergencia, el fondo podría financiar alrededor de 28.500 ha, o aproximadamente 1/100 del área agrícola de Argentina.

## 4.2 Acciones gubernamentales proactivas

Los sistemas de información sobre sequías y mejoras en los sistemas de monitoreo y predicción pueden ser instrumentos efectivos para permitir que las personas, comunidades y gobiernos mitiguen o reduzcan los impactos de la sequía mediante la preparación y planificación, [116, 117]. A menudo considerados solo como instrumentos técnicos y científicos, los sistemas de información sobre sequías deberían, en cambio, empoderar a diversos actores y grupos sociales para mitigar las pérdidas y daños asociados a este extremo climático [116, 117]. Desafortunadamente, no existían sistemas de información coordinados en Argentina para ayudar a mitigar las pérdidas de la sequía de 2017-18. Sin embargo, recientemente se han producido dos desarrollos prometedores: uno a nivel nacional y otro con un alcance regional más amplio. A nivel nacional, Argentina ha creado el Sistema Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Protección Civil (SINAGIR, <https://oavv.segemar.gob.ar/sinagir/>), un marco institucional para la coordinación y planificación de un amplio espectro de riesgos geofísicos. En el marco del SINAGIR, se estableció una red que vincula a las instituciones de ciencia y tecnología vinculadas a la gestión de diversos riesgos climáticos y geofísicos; esta red se llama GIRCYT, por sus siglas en español). GIRCYT facilitó el diseño de un “Protocolo Interinstitucional para Manejo de Información sobre Sequías Meteorológicas y Agrícolas” en Argentina. A su vez, el protocolo motivó la formación de una Mesa de Monitoreo de la Sequía que está desempeñando un papel crucial en la coordinación de los esfuerzos separados, a veces superpuestos, de las múltiples instituciones gubernamentales y académicas involucradas con la sequía. La Mesa se reúne regularmente para monitorear el peligro de sequía presente y pronosticado en Argentina. Sin embargo, esta información se proporciona principalmente a agencias gubernamentales; todavía no se está llevando a cabo una amplia difusión pública.

Hay en marcha, además, otros programas gubernamentales que buscan impulsar una mitigación proactiva de los impactos de las sequías y otras amenazas climáticas en Argentina. Por ejemplo, el proyecto GIRSAR (Gestión Integral de los Riesgos en el Sector Agroindustrial Rural) se encuentra actualmente en las primeras etapas de operación. Financiado a través de un préstamo del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, GIRSAR apunta a fortalecer las capacidades necesarias para gestionar los riesgos de sequía en Argentina, incluida la producción y difusión de información agroclimática. El proyecto también busca promover el desarrollo y adopción de instrumentos financieros para transferir riesgos climáticos y de mercado en la producción agrícola. Simultáneamente, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INTA) de Argentina y las instituciones académicas continúan desarrollando buenas prácticas agronómicas para reducir riesgos y estabilizar rendimientos e ingresos. Un desarrollo reciente es el papel cada vez más importante de las asociaciones público-privadas en la identificación de caminos hacia sistemas agrícolas resilientes: un ejemplo es el desarrollo conjunto de la tecnología HB4 para producir soja y trigo transgénicos tolerantes a la sequía.

A nivel regional, en 2019 se lanzó el Sistema de Información sobre Sequías para el sur de América del Sur (SISSA). El SISSA es un proyecto que opera en el marco del Centro Regional del Clima para el sur de América del Sur (CRC-SAS), una colaboración entre seis países que apunta a producir y difundir información y servicios climáticos oportunos, relevantes y viables para apoyar la toma de decisiones en sectores sociales y productivos sensibles a la variabilidad y el cambio climático. Tanto el CRC-SAS como el SISSA abarcan seis países de América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil (al sur de los 10°S), Chile, Paraguay y Uruguay. Además de difundir productos de monitoreo de sequías derivados de datos *in situ* y satelitales (ver [sissa.crc-sas.org](http://sissa.crc-sas.org)), el SISSA tiene como objetivo abordar algunas brechas de conocimiento que impiden una preparación efectiva para la sequía, como la comprensión de las asociaciones entre las condiciones de sequía y el tipo y magnitud de impactos esperados en diferentes regiones y sectores.

### 4.3 Acciones individuales reactivas

Los tomadores de decisiones individuales tienen un rol sumamente importante en la implementación de acciones de mitigación y recuperación en respuesta a una sequía. En la producción agrícola, el espectro de acciones viables depende del momento en que un agricultor nota la presencia de una sequía en curso: obviamente, hay más opciones disponibles al comienzo de un ciclo de cultivo. En esta etapa, los agricultores pueden limpiar las malezas de tierras en barbecho para preservar el agua del suelo, modificar la asignación planificada de tierra entre cultivos y/o ajustar el manejo agronómico de cada cultivo (por ejemplo, definir genotipos a usar, ajustar fechas y densidad de siembra). Una vez que se siembra un cultivo, los grados de libertad disminuyen sustancialmente. Sin embargo, los productores aún pueden ajustar la cantidad de fertilizante a aplicar, evitar la aplicación de costosos fungicidas (puesto que las enfermedades son menos probables en condiciones secas), intensificar el monitoreo de plagas que tienden a aparecer en condiciones secas y reducir los umbrales para el control de esas plagas. Finalmente, otras estrategias reactivas pueden involucrar decisiones sobre cuándo y cómo vender la producción. Por ejemplo, puede evitarse el uso de mercados futuros para evitar comprometerse a volúmenes de producción que pueden no lograrse en condiciones de sequía.

Generalmente, los sistemas ganaderos tienen menos opciones para reaccionar a condiciones secas. Una opción importante (factible tanto antes como después de que se detecte una sequía) es reducir la carga animal. En los sistemas de cría, el destete temprano puede ayudar. Otra opción es trasladar los animales a lugares donde el forraje sea más abundante. Recientemente, se comenzó a adoptar el traslado del ganado a corrales de engorde (dentro de la misma finca u operados por terceros) para facilitar el suministro de alimento producido externamente. Las ventas de animales una vez que se establece una sequía deberían evitarse porque es probable que los precios sean bajos ya que todos venden hacienda al mismo tiempo.

Una reacción común de los productores después de una sequía, tanto para sistemas agrícolas como ganaderos, es buscar financiamiento para reponer el capital de trabajo. Como se mencionó arriba, el acceso al crédito es limitado y los agricultores se resisten a pedir préstamos bancarios debido a las tasas de inflación históricamente altas en Argentina. Una alternativa cada vez más frecuente es la búsqueda de financiamiento a través de proveedores de insumos, que se reembolsará cuando se cosechen los cultivos posteriores a la sequía o se vendan animales. Después de una sequía muy intensa con impacto significativo en los ingresos, algunos productores no tienen más opción que vender tierra u otros activos para seguir produciendo; esto ocurrió, por ejemplo, después del evento de 2008-09 en la Pampa Húmeda. Alternativamente, algunos productores pueden optar por salir de la producción y alquilar su tierra, generalmente por una cantidad fija (es decir, todos los riesgos de la producción en adelante son asumidos por el arrendatario). Las políticas gubernamentales deberían intentar evitar la salida de productores –particularmente los más pequeños– después de sequías extremadamente dañinas, ya que es poco probable que en el futuro esos actores vuelvan a un estado activo (Bert et al., 2010a).

### 4.4 Acciones individuales proactivas

Las acciones a nivel micro por parte de individuos, hogares y empresas se perciben como las más generalizadas, y posiblemente las más efectivas, contra la sequía en la Pampa Húmeda. Sin embargo, los actores del sector agropecuario privado reconocen que muchas decisiones y respuestas individuales dependen de la información producida por el sector público (por ejemplo, información climática, recomendaciones técnicas de los sistemas de extensión). Cada vez más, los productores de la Pampa Húmeda dependen de diagnósticos (por ej., estimaciones del agua disponible en el suelo) y pronósticos climáticos estacionales para tomar decisiones mejor informadas. Por ejemplo, una encuesta reciente de más de 1000 miembros de los Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (CREA), una ONG argentina de más de 60 años de existencia administrada por empresarios agropecuarios, mostró que el 50% de los productores toman en cuenta los pronósticos climáticos estacionales al momento de definir la asignación de tierras; una

proporción mayor (más del 60%) utiliza esos pronósticos para ajustar su manejo agronómico. Durante las fases extremas del ENOS (eventos El Niño y La Niña), los responsables de la toma de decisiones pueden aprovechar las predicciones de las lluvias de octubre a diciembre, meses en los que el efecto del ENOS son más marcados en el sur de Sudamérica. En particular, los productores pueden prepararse para las condiciones secas que son más probables durante eventos La Niña [25]. La reciente toma de conciencia sobre la importancia de las napas freáticas poco profundas, típicas de hiperllanuras como la Pampa Húmeda, ha aumentado el interés en el rol del agua subterránea como una “cuenta de ahorro” que puede reducir impactos durante los años secos. En la actualidad, es común que los agricultores midan la profundidad del nivel freático antes de decidir qué cultivo sembrar. Un sistema de información sobre sequías que monitoree y pronostique variables climáticas relevantes, por lo tanto, jugará un papel importante en informar las decisiones individuales de producción. Sin embargo, los agricultores o sus asesores técnicos deben estar comprometidos y dispuestos a interactuar con los científicos del clima para garantizar que no se malinterpreten sus necesidades de información [118].

Hay desarrollos recientes en los sistemas de producción y gestión que pueden tener importantes co-beneficios para la mitigación de la sequía, incluso si no fueron originalmente desarrollados para ese propósito. Por ejemplo, la rotación de cultivos mejora la disponibilidad de agua en el suelo, lo que ayuda a amortiguar la sequía, entre muchos otros beneficios [71]. Además, las rotaciones distribuyen los riesgos climáticos, ya que los distintos cultivos tienen diferentes ciclos de crecimiento y períodos sensibles. Otro desarrollo con importantes beneficios colaterales para la resiliencia a la sequía es la adopción de la labranza cero, que minimiza la alteración del suelo, aumenta la infiltración y reduce la evaporación [68].

La reciente expansión del maíz de siembra tardía (o maíz tardío) en la Pampa Húmeda tuvo como objetivo reducir los impactos de los déficits de precipitación veraniegos. El maíz se sembraba tradicionalmente a finales de septiembre y octubre, por lo que la floración ocurría a finales de diciembre o principios de enero, cuando normalmente hay menores precipitaciones y las altas temperaturas y radiación solar aumentan la demanda de evaporación [119]. Al retrasar la siembra hasta finales de noviembre o principios de diciembre, el período de floración crítico para el rendimiento se desplaza hacia febrero, cuando tanto la evaporación como la frecuencia de altas temperaturas son menores. Además, si la siembra del maíz se retrasa hasta diciembre, el suelo tiene más tiempo para acumular agua después de la intensificación de las lluvias estacionales en primavera; por el contrario, el maíz sembrado temprano (poco después de que comiencen las lluvias de primavera) puede tener menos agua disponible en el suelo.

Aunque los productores ganaderos en Argentina generalmente han sido menos proclives a la adopción de innovaciones tecnológicas que sus colegas agricultores, los sistemas de producción de carne y leche están evolucionando rápidamente, y algunos de los cambios observados pueden tener implicaciones para la mitigación de la sequía. La capacidad de trasladar el ganado a corrales de engorde operados por terceros puede aumentar los costos para los productores, pero de esta forma se puede evitar una pérdida significativa de capital debido a ventas forzadas o a la muerte de animales. Con menos tierra dedicada a pasturas, el ganado se engorda cada vez más con suplementos como heno, silaje, cereales, residuos agrícolas o directamente en corrales de engorde [59]. La intensificación de la producción ganadera (es decir, más cereales y suplementos) hace que los sistemas sean menos dependientes de la producción de pasto y, por lo tanto, menos sensibles a la sequía. Sin embargo, es muy importante que los productores monitoreen activa y continuamente la disponibilidad de pasto en sistemas ganaderos basados en pasturas o campo natural. Esta evaluación debe ir seguida de un ajuste dinámico y proactivo de la carga animal para evitar el pastoreo excesivo que puede provocar efectos en cascada, como el aumento de la erosión del suelo y, si esto es sostenido en el tiempo, procesos intensificados de desertificación.

## 5 Barreras para la adopción de una gestión proactiva del riesgo de sequía y posibles formas de superarlas

Muchos de los impedimentos para reaccionar proactivamente a la sequía en Argentina son comunes a otros países de la región y del mundo. Por lo tanto, una simple enumeración de estas barreras no aportaría información nueva. En cambio, esperamos contribuir identificando aquí algunas formas posibles de superar estos impedimentos.

Las responsabilidades por la gestión de los riesgos e impactos de la sequía están distribuidas entre múltiples instituciones argentinas de diferentes niveles jurisdiccionales. Argentina carece todavía de un financiamiento específico para la emisión de alertas tempranas y la preparación activa para las sequías. En cambio, se espera que estas funciones sean cumplidas por varias instituciones gubernamentales (por ejemplo, las agencias meteorológicas, hidrológicas y agrícolas) como parte de sus actividades regulares. Sin embargo, esta expectativa a menudo conduce a la duplicación de actividades o, alternativamente, a funciones que faltan por completo. Este problema debe abordarse mediante una mayor coordinación entre las instituciones y un esquema de gobernanza de la sequía bien definido. Es decir, se necesitan directrices claras, disponibles antes de que comience una sequía, que especifiquen qué institución debe hacer qué y en qué momento, y quién debe interactuar con quién. En otras palabras, la coordinación y planificación necesarias deben abordarse explícitamente como parte de una política nacional de sequía [120, 121]; lamentablemente, esa política no existe (¡todavía!) en Argentina. La Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación está apoyando actualmente el desarrollo de un borrador de política de sequía para Argentina; lamentablemente, este documento no estaba finalizado al momento de redactar este estudio. Adicionalmente, el SISSA está coordinando actualmente un proceso para ayudar a los países de la región a desarrollar planes y políticas de sequía.

Los sistemas de alerta temprana y monitoreo de sequías son componentes clave de un esfuerzo proactivo e integrado para la gestión del riesgo de sequía. La Mesa de Monitoreo de la Sequía recientemente establecida en Argentina es un paso positivo en esa dirección. Sin embargo, a medida que el monitoreo evoluciona y mejora, la Mesa y otras instituciones argentinas no deben asumir que el suministro de información sobre la sequía a los encargados de formular políticas y tomar decisiones conducirá automáticamente a una reducción de los impactos de esta amenaza. Existe evidencia en todo el mundo de que la información climática potencialmente útil con frecuencia no se utiliza, por lo que las partes interesadas no se benefician plenamente de los servicios de apoyo a la toma de decisiones, la gestión de riesgos y la adaptación [113, 122-128]. Comprender por qué los responsables de la toma de decisiones no utilizan y adoptan plenamente la información disponible sobre sequías debería ser una prioridad clave para los sistemas de monitoreo y alerta temprana en Argentina y en otros lugares [129]. Una razón plausible es la falta de experiencia en la traducción, transferencia y facilitación del uso de información sobre sequías entre las instituciones argentinas que se ocupan de este peligro. Además, estas instituciones generalmente carecen de mecanismos de participación efectivos con los intermediarios de la información y los usuarios finales, lo que dificulta la adaptación de la información climática a un sector específico [130].

Un impedimento importante para la adopción de una gestión proactiva del riesgo de sequías por parte de los sectores público y privado es el conocimiento limitado sobre las asociaciones específicas entre las características de una sequía y los tipos y magnitudes de los impactos esperables para una región y actividad [131, 132]. Sin embargo, una buena caracterización de estas asociaciones depende fundamentalmente de la calidad y disponibilidad de datos sobre los impactos de las sequías [133]. Desafortunadamente, la información sobre los impactos agropecuarios de diversas amenazas climáticas no se recopila ni registra de manera sistemática en Argentina. Sin información relevante sobre la exposición de bienes, los contextos socioeconómicos y la vulnerabilidad de los sistemas de producción en riesgo, existen dificultades que van desde la predicción de pérdidas y daños por sequía hasta la evaluación de estrategias de mitigación de

desastres [134]. Ha habido intentos coordinados por FAO para armonizar la recopilación de pérdidas y daños agropecuarios en el sureste de América del Sur, pero todavía queda mucho trabajo por hacer. Argentina debería establecer una red activa para monitorear de manera rutinaria los impactos de los peligros climáticos. Evidentemente, dicha red debería basarse en el sistema existente de observadores del Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca, y los agentes de extensión del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, así como de sistemas provinciales. No obstante, también debería buscarse activamente la participación de actores del sector privado, desde los exportadores y bolsas regionales de granos, hasta los agricultores individuales que dependen cada vez más de nuevas tecnologías (por ejemplo, aplicaciones para teléfonos inteligentes) para buscar y comunicar información relevante.

La falta de datos sistemáticos sobre los impactos de la sequía implica también que actualmente no hay consenso sobre qué índices de sequía (individuales o combinados) deben usarse para monitorear los sistemas agropecuarios y, en particular, qué valores de índice deben usarse como "disparadores" que definan cuándo iniciar acciones de mitigación. Hasta el momento no existe en Argentina una definición legal de sequía o criterios objetivos para la declaración de sequía, un problema común a otros países de la región. Sin embargo, el tema de una definición formal de sequía es difícil porque los criterios probablemente deban ser específicos para cada región y actividad. Los sistemas de información sobre sequías deberían involucrar a los actores y comunidades en riesgo de sequía para que puedan ayudar a seleccionar umbrales, índices o criterios específicos para alertas tempranas en una región y actividad. Sin embargo, mantener un diálogo continuo entre los productores y los usuarios de información sobre sequías puede implicar altos costos para las instituciones, especialmente en términos de recursos financieros, humanos y de tiempo [135].

La transferencia de riesgos a través de sistemas de seguros agrícolas se utiliza a nivel mundial para mitigar los impactos negativos de la sequía y otros peligros climáticos. Sin embargo, la compra de seguros agrícolas no es obligatoria en Argentina en la actualidad, aunque ha habido mucha discusión reciente que sostiene que sí debería serlo. La mayoría de las pólizas de seguros emitidas en la Pampa Húmeda se enfocan en daños por granizo y otros eventos extremos (heladas, vientos fuertes, incendios). Por el contrario, el seguro de rendimiento (que compensaría una menor producción debida a la sequía) representa solo alrededor del 3,5% del área asegurada [136]. Una barrera importante para la adopción más amplia de seguros de rendimiento de cultivos es la percepción generalizada de su alto costo. A su vez, este costo puede estar vinculado a (a) brechas de conocimiento que impiden la construcción de un índice fácil de observar y bien correlacionado con los impactos, y (b) la poca densa red de estaciones meteorológicas en la Argentina (aun en una zona tan económicamente importante como la Pampa Húmeda). Los agricultores cuestionan cuán "representativas" de sus condiciones e impactos locales pueden ser las observaciones realizadas a 30-50 km de distancia, particularmente cuando tales observaciones no apoyan los impactos locales declarados. La red de observación se está expandiendo constantemente a través de estaciones meteorológicas automáticas mantenidas por organizaciones públicas y privadas (por ejemplo, gobiernos provinciales, bolsas de cereales), pero los registros de estas estaciones son relativamente cortos (una década como máximo) y por lo tanto no permiten todavía una caracterización adecuada de la amenaza de sequía. El proyecto GIRSAR busca recopilar y armonizar observaciones de las múltiples redes de observación. Mientras tanto, los índices de sequía basados en datos obtenidos por satélites complementan cada vez más las escasas observaciones *in situ*.

Una posible acción gubernamental proactiva (como las enumeradas en la Sección 5.2) sería impulsar la adopción de seguros por parte de los productores, no solo a través de incentivos financieros sino también mediante programas de extensión y divulgación para informar a los agricultores sobre el papel de estos instrumentos en la mitigación de los impactos económicos de la sequía. Además, se pueden desarrollar instrumentos innovadores para intentar reducir el costo actual de las pólizas de seguro. El seguro de rendimiento tradicional requiere una verificación *in situ* de los daños y, por lo tanto, generalmente es caro. En consecuencia, ha habido mucho interés tanto del sector público como del privado en los seguros paramétricos o "de índice" porque estos instrumentos tienen costos más bajos (ya que no se requiere

verificación local). Algunas compañías de seguros ofrecen este tipo de pólizas en Argentina, pero todavía son muy específicas (por ejemplo, contra estrés por calor en el ganado lechero) y su aceptación ha sido limitada hasta ahora.

El riego puede jugar un papel importante en la reducción de los impactos negativos de la sequía. Actualmente, sin embargo, el riego no está muy difundido en la Pampa Húmeda: solo se riegan alrededor de 170.000 ha de cultivos [137]. La limitada adopción del riego para cultivos extensivos probablemente se deba al alto costo inicial de los equipos en un contexto financiero de alta inflación y en el cual el acceso al crédito es limitado o inexistente. Además de la inversión inicial, los costos operativos de los equipos de riego (principalmente el combustible para las bombas) son altos y no se perciben como rentables en muchas áreas, incluso para el riego complementario. Al mismo tiempo, en la Pampa Húmeda gran parte de la superficie cultivada es arrendada y prevalecen los contratos cortos (1-3 años), lo que dificulta la recuperación de inversiones estructurales importantes. Sin embargo, es posible que las percepciones actuales sobre el riego tengan que revisarse a la luz de sequías más frecuentes en un contexto de cambio climático antropogénico o natural, particularmente en los márgenes semiáridos de la Pampa que serán más sensibles al aumento de la sequía [137]. Por otra parte, si el riego va a desempeñar un papel en la protección contra la escasez de precipitaciones, se necesitará mucha más información básica para poder gestionar el agua subterránea de manera eficaz [138].

A pesar de la importancia del sector agropecuario para la economía argentina, la planificación a largo plazo ha sido relativamente limitada [49, 139]. En consecuencia, la evolución del uso de la tierra y las tecnologías de producción agropecuaria han sido el resultado emergente de las decisiones agregadas de miles de productores, influenciadas principalmente por la rentabilidad relativa de actividades alternativas y otros factores contextuales [8, 140]. A veces, estos patrones emergentes han tenido impactos positivos sobre la resiliencia a la sequía, como la adopción de la labranza cero, y otras veces no ha sido así, por ejemplo, una disminución en la rotación de cultivos o de sistemas mixtos agrícolas-ganaderos. A diferencia de otros países agrícolas importantes, en Argentina existen pocos incentivos económicos o subsidios gubernamentales que permitan a los productores adoptar acciones de transferencia y mitigación de los riesgos de sequía, como seguros de cultivos y el riego. Las políticas gubernamentales y los marcos regulatorios deben buscar activamente favorecer buenas prácticas e innovaciones con importantes beneficios colaterales para aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas y las transiciones hacia la producción sostenible de alimentos.

La naturaleza lenta e insidiosa de la sequía –que en la mayoría de los casos no tiene impactos dramáticos evidentes para la mayoría de la población– está ligada a la escasa conciencia del sector político y el público general sobre el problema recurrente de la sequía en Argentina. A la vez, esta falta de conciencia hace que sea difícil impulsar políticas para mejorar la resiliencia de la sociedad ante la sequía (incluido el sector agropecuario). Se necesita, en consecuencia, un esfuerzo sostenido de divulgación para informar a las autoridades políticas en todos los niveles (nacional, provincial y municipal) sobre la sequía y la necesidad de planificar y prepararse para reducir sus impactos. Para motivar la acción gubernamental, sería ideal proveer datos rigurosos sobre los impactos humanos, fiscales y ambientales de este dañino fenómeno. Por ejemplo, algunos actores entrevistados para este estudio sugirieron que se deberían realizar y difundir análisis retrospectivos de diferentes eventos de sequía y sus impactos –es decir, similares al contenido de este estudio. Sin embargo, el demostrar que la sequía (o cualquier otra amenaza climática) tiene impactos complejos y de largo alcance es necesario pero no suficiente para movilizar recursos públicos: los costos de no prepararse adecuadamente, los llamados “costos de la inacción”, deben también documentarse cuidadosamente [141, 142].

En consecuencia, se deberían desarrollar coaliciones y asociaciones que involucren a múltiples actores sociales (por ejemplo, organizaciones agrícolas “de borde”) para facilitar la educación del público y aumentar la conciencia sobre los riesgos de la sequía. Por lo tanto, los sistemas de información sobre sequías –que

mayormente involucran agencias gubernamentales– deberían desarrollar mecanismos para atraer la participación privada y de ONGs relevantes. El esfuerzo debe centrarse en involucrar a las instituciones de borde que puedan cerrar la brecha entre los productores de información sobre sequías y los usuarios de esta información (por ejemplo, responsables de políticas, administradores de recursos naturales y tomadores individuales de decisiones). Las organizaciones de borde pueden desempeñar un papel clave en la mejora y el mantenimiento de la comunicación, ya que es casi imposible alcanzar a los aproximadamente 250.000 productores agropecuarios actualmente activos en Argentina. Además, las organizaciones de borde son clave para traducir la información técnica y científica a contenidos o formatos más utilizables [127, 143] y para mediar en conflictos que inevitablemente surgen en el proceso de cruce de fronteras institucionales o disciplinarias [144, 145].

En suma, nos hemos centrado aquí en una sequía intensa y espacialmente extendida en la Pampa Húmeda que tuvo impactos sustanciales sobre la producción agropecuaria y la economía argentina en general. Sin embargo, una cuestión que se planteó en el curso de este estudio fue la necesidad de evitar descuidar las sequías que algunos consultados denominaron como "subclínicas", definidas como aquellas que "reducen el rendimiento de los cultivos en aproximadamente un 10-15%". Estos eventos moderados generalmente no están profundamente grabados en la memoria colectiva de los productores, pero se experimentan con relativa frecuencia en la Pampa Húmeda (alrededor de 2-3 eventos de este tipo en un período de 10 años). Por lo tanto, a lo largo de los años este tipo de sequías pueden tener impactos acumulativos significativos sobre los ingresos y medios de vida de los agricultores. Sería importante evaluar si estas sequías comienzan a ocurrir con más frecuencia que cada 3-4 años debido a variabilidad climática natural o a cambios antropogénicos. Más importante aún, la razón por la cual las partes interesadas llamaron nuestra atención sobre las sequías leves es porque, en estas situaciones, las buenas prácticas agronómicas y las acciones proactivas de los sectores público y privado (como las descritas más arriba) tienen el mayor potencial para reducir o mitigar los impactos de manera efectiva. Por el contrario, ante un evento seco de gran intensidad o que abarca una extensión muy grande, cualquier efecto amortiguador proporcionado por las acciones de mitigación proactivas puede verse abrumado; en estos casos, casi inevitablemente ocurrirán impactos significativos y la asistencia de emergencia del gobierno será indispensable.

## 6 Referencias

1. Calviño, P.A. y J.P. Monzón, *Farming systems of Argentina: Yield constraints y risk management*, in *Crop physiology: Applications for genetic improvement y agronomy*, D. Calderini, Editor. 2009, Elsevier Academic Press: San Diego, California. p. 55-70.
2. Viglizzo, E.F., M.F. Ricard, E.G. Jobbágy, F.C. Frank, y L.V. Carreño, *Assessing the cross-scale impact of 50 years of agricultural transformation in Argentina*. *Field Crops Research*, 2011. **124**(2): p. 186-194.
3. Viglizzo, E.F., F.C. Frank, L.V. Carreño, E.G. Jobbágy, H. Pereyra, J. Clatt, D. Pincén, y M.F. Ricard, *Ecological y environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina*. *Global Change Biology*, 2011. **17**: p. 959-973.
4. Masters, J., *Most Expensive Weather Disaster of 2018: a \$3.9 Billion Drought in Argentina y Uruguay*, in *Weather Underground*. 2018.
5. Hall, A.J., C.M. Rebella, C.M. Ghersa, y J.-P. Culot, *Field crops systems of the Pampas*, in *Field Crops Systems: Ecosystems of the World*, C.J. Pearson, Editor. 1992, Elsevier: Amsterdam. p. 413-449.
6. Caviglia, O.P. y F.H. Andrade, *Sustainable intensification of agriculture in the Argentine Pampas: capture y use efficiency of environmental resources*. *The Americas Journal of Plant Science y Biotechnology*, 2010. **3**((Special issue 1)): p. 1-8.
7. Gallacher, M. *The changing structure of production: Argentine agriculture 1988-2002*. Documento de Trabajo, 2009. 24.
8. Bert, F.E., G.P. Podestá, S.L. Rovere, Á.N. Menéndez, M. North, E. Tatara, C.E. Laciana, E. Weber, y F.R. Toranzo, *An agent based model to simulate structural y ly use changes in agricultural systems of the Argentine pampas*. *Ecological Modelling*, 2011. **222**(19): p. 3486-3499.
9. Manuel-Navarrete, D., G. Gallopín, M. Blanco, M. Díaz-Zorita, D. Ferraro, H. Herzer, P. Laterra, M. Murmis, G. Podestá, J. Rabinovich, E. Satorre, F. Torres, y E.F. Viglizzo, *Multi-causal y integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas*. *Environment, Development y Sustainability*, 2009. **11**(3): p. 621-638.
10. Urcola, H.A., X.A. de Sartre, I. Veiga Jr, J. Elverdin, y C. Albaladejo, *Ly tenancy, soybean, actors y transformations in the pampas: A district balance*. *Journal of Rural Studies*, 2015. **39**(0): p. 32-40.
11. Jobbágy, E.G., M.D. Nosetto, C.S. Santoni, y G. Baldi, *El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana*. *Ecología Austral*, 2008. **18**: p. 305-322.
12. García, G.A., P.E. García, S.L. Rovere, F.E. Bert, F. Schmidt, Á.N. Menéndez, M.D. Nosetto, A. Verdin, B. Rajagopalan, P. Arora, y G.P. Podestá, *A linked modelling framework to explore interactions among climate, soil water, y ly use decisions in the Argentine Pampas*. *Environmental Modelling & Software*, 2018.
13. Mejia, M.N., C.A. Madramootoo, y R.S. Broughton, *Influence of water table management on corn y soybean yields*. *Agricultural Water Management*, 2000. **46**(1): p. 73-89.
14. Lowry, C.S. y S.P. Loheide, II, *Groundwater-dependent vegetation: Quantifying the groundwater subsidy*. *Water Resour. Res.*, 2010. **46**(6): p. W06202.
15. Zipper, S.C., M.E. Soyly, C.J. Kucharik, y S.P. Loheide II, *Quantifying indirect groundwater-mediated effects of urbanization on agroecosystem productivity using MODFLOW-AgroIBIS (MAGI), a complete critical zone model*. *Ecological Modelling*, 2017. **359**: p. 201-219.
16. Nosetto, M.D., E.G. Jobbágy, R.B. Jackson, y G.A. Sznaider, *Reciprocal influence of crops y shallow ground water in sandy landscapes of the Inly Pampas*. *Field Crops Research*, 2009. **113**(2): p. 138-148.
17. Jobbágy, E.G. y R.B. Jackson, *Groundwater use y salinization with grassly afforestation*. *Global Change Biology*, 2004. **10**: p. 1299-1312.

18. Penalba, O.C., V.C. Pántano, L.B. Spescha, y G.M. Murphy, *El Niño–Southern Oscillation incidence over long dry sequences y their impact on soil water storage in Argentina*. International Journal of Climatology, 2019. **39**(4): p. 2362-2374.
19. Penalba, O.C. y J.A. Rivera, *Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America – emphasis in regional drought occurrences*. Advances in Geosciences, 2016. **42**: p. 1-14.
20. Boulanger, J.-P., J. Leloup, O. Penalba, M. Rusticucci, F. Lafon, y W. Vargas, *Observed precipitation in the Paraná-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions y ENSO teleconnections*. Climate Dynamics, 2005. **24**(4): p. 393-413.
21. Mo, K.C. y E.H. Berbery, *Drought y Persistent Wet Spells over South America Based on Observations y the U.S. CLIVAR Drought Experiments*. Journal of Climate, 2011. **24**(6): p. 1801-1820.
22. Travasso, M.I., G. Magrin, M.O. Grondona, y G.R. Rodríguez, *The use of SST y SOI anomalies as indicators of crop yield variability*. International Journal of Climatology, 2009. **29**: p. 23-29.
23. Jones, J.W., J.H. Hansen, F.S. Royce, y C.D. Messina, *Potential benefits of climate forecasting to agriculture*. Agriculture, Ecosystems y Environment, 2000. **82**: p. 169-184.
24. Messina, C.D., J.W. Hansen, y A.J. Hall, *Ly allocation conditioned on El Niño-Southern Oscillation phases in the Pampas of Argentina*. Agricultural Systems, 1999. **60**: p. 197-212.
25. Podestá, G.P., D. Letson, C. Messina, F. Royce, R.A. Ferreyra, J.W. Jones, J.W. Hansen, I. Llovet, M. Grondona, y J.J. O'Brien, *Use of ENSO related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience*. Agricultural Systems, 2002. **74**: p. 371-392.
26. Podestá, G.P., C.D. Messina, M.O. Grondona, y G.O. Magrín, *Associations between grain crop yields in central-eastern Argentina y El Niño–Southern Oscillation*. Journal of Applied Meteorology, 1999. **38**: p. 1488-1498.
27. Penalba, O.C., M.L. Bettolli, y W.M. Vargas, *The impact of climate variability on soybean yields in Argentina. Multivariate regression*. Meteorological Applications, 2007. **14**(1): p. 3-14.
28. Travasso, M.I., G. Magrin, y G. Rodríguez, *Relations between sea-surface temperature y crop yields in Argentina*. International Journal of Climatology, 2003. **23**: p. 1655-1662.
29. Bert, F.E., G.P. Podestá, S.L. Rovere, M. North, A. Menéndez, C.E. Laciana, C.M. Macal, E.U. Weber, y P. Sydelko. *Agent-based Modelling of a Rental Market for Agricultural Ly in the Argentine Pampas. in 2010 International Congress on Environmental Modelling y Software, "Modelling for Environment's Sake"*. 2010. Ottawa, Canada: International Environmental Modelling y Software Society (iEMSs).
30. Bettolli, M.L., W.M. Vargas, y O.C. Penalba, *Soya bean yield variability in the Argentine Pampas in relation to synoptic weather types: monitoring implications*. Meteorological Applications, 2009. **16**(4): p. 501-511.
31. Jozami, E., E. Montero Bulacio, y A. Coronel, *Temporal variability of ENSO effects on corn yield at the central region of Argentina*. International Journal of Climatology, 2018. **38**(1): p. 1-12.
32. Anderson, W., R. Seager, W. Baethgen, y M. Cane, *Crop production variability in North y South America forced by life-cycles of the El Niño Southern Oscillation*. Agricultural y Forest Meteorology, 2017. **239**: p. 151-165.
33. Anderson, W., R. Seager, W. Baethgen, y M. Cane, *Life cycles of agriculturally relevant ENSO teleconnections in North y South America*. International Journal of Climatology, 2017. **37**(8): p. 3297-3318.
34. Krepper, C.M. y G.V. Zucarelli, *Climatology of water excesses y shortages in the La Plata Basin*. Theoretical y Applied Climatology, 2010. **102**(1-2): p. 13-13-27.
35. Berbery, E.H. y V.R. Barros, *The Hydrologic Cycle of the La Plata Basin in South America*. Journal of Hydrometeorology, 2002. **3**(6): p. 630-645.
36. Rodrigues, R.R., A.S. Taschetto, A. Sen Gupta, y G.R. Foltz, *Common cause for severe droughts in South America y marine heatwaves in the South Atlantic*. Nature Geoscience, 2019. **12**(8): p. 620-626.

37. Garbarini, E.M., M.H. González, y A.L. Rolla, *The influence of Atlantic High on seasonal rainfall in Argentina*. International Journal of Climatology, 2019. **39**(12): p. 4688-4702.
38. Berbery, E.H., M.E. Doyle, y V. Barros, *Tendencias regionales en la precipitación*, in *El cambio climático en la Cuenca del Plata*, V. Barros, R. Clarke, y P. Silva Días, Editors. 2006, CONICET: Buenos Aires. p. 67-92.
39. Castañeda, M.E. y V. Barros, *Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes*. Meteorológica, 1994. **19**(1-2): p. 23-32.
40. Seager, R., N. Naik, W.E. Baethgen, A.W. Robertson, Y. Kushnir, J. Nakamura, y S. Jurburg, *Tropical oceanic causes of interannual to multidecadal precipitation variability in southeast South America over the past century*. Journal of Climate, 2010. **23**: p. 5517-5539.
41. Barros, V.R., M.E. Doyle, y I.A. Camilloni, *Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases y with low-level circulation*. Theoretical y Applied Climatology, 2008. **93**(1): p. 19-33.
42. Rusticucci, M. y O. Penalba, *Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America y their relationship with surface temperature*. Climate Research, 2000. **16**: p. 1-15.
43. Saurral, R.I., I.A. Camilloni, y V.R. Barros, *Low-frequency variability y trends in centennial precipitation stations in southern South America*. International Journal of Climatology, 2017. **37**(4): p. 1774-1793.
44. Giorgi, F., *Variability y trends of sub-continental scale surface climate in the twentieth century. Part I: Observations*. Climate Dynamics, 2002. **18**: p. 675-691.
45. Andrade, J.F. y E.H. Satorre, *Single y double crop systems in the Argentine Pampas: Environmental determinants of annual grain yield*. Field Crops Research, 2015. **177**: p. 137-147.
46. Qaim, M. y G. Traxler, *Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level y aggregate welfare effects*. Agricultural Economics, 2005. **32**: p. 73-86.
47. Monzon, J.P., V.O. Sadras, P.A. Abbate, y O.P. Caviglia, *Modelling management strategies for wheat-soybean double crops in the south-eastern Pampas*. Field Crops Research, 2007. **101**(1): p. 44-52.
48. Graesser, J., T.M. Aide, H.R. Grau, y N. Ramankutty, *Cropland/pasturely dynamics y the slowdown of deforestation in Latin America*. Environmental Research Letters, 2015. **10**(3): p. 034017.
49. Schnepf, R.D., E. Dohlman, y C. Bolling, *Agriculture in Brazil y Argentina: Developments y prospects for major field crops*, USDA, Editor. 2001, USDA: Washington, D.C. p. 85.
50. Lamers, P., K. McCormick, y J.A. Hilbert, *The emerging liquid biofuel market in Argentina: Implications for domestic demy y international trade*. Energy Policy, 2008. **36**(4): p. 1479-1490.
51. Rulli, M.C., D. Bellomi, A. Cazzoli, G. De Carolis, y P. D'Odorico, *The water-land-food nexus of first-generation biofuels*. Scientific Reports, 2016. **6**: p. 22521.
52. Viglizzo, E.F., Z.E. Roberto, F. Lertora, E.L. Gay, y J. Bernardos, *Climate y land-use change in field-crop ecosystems of Argentina*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1997. **66**(1): p. 61-70.
53. Paruelo, J.M., J.P. Guerschman, y S.R. Verón, *Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo*. Ciencia Hoy, 2005. **15**(87): p. 14-23.
54. Vega, E., G. Baldi, E.G. Jobbágy, y J. Paruelo, *Ly use change patterns in the Río de la Plata grasslands: The influence of phytogeographic y political boundaries*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2009. **134**(3-4): p. 287-292.
55. Richards, D.G., *Contradictions of the 'New Green Revolution': A View from South America's Southern Cone*. Globalizations, 2010. **7**(4): p. 563-576.
56. Magrin, G.O., M.I. Travasso, y G.R. Rodríguez, *Changes in Climate y Crop Production During the 20th Century in Argentina*. Climatic Change, 2005. **72**(1-2): p. 229-249.
57. Pengue, W., *Expansión de la soja en Argentina. Globalización, Desarrollo Agropecuario e Ingeniería Genética: Un modelo para armar*. Seedling, 2001. **18**(3): p. 00-00.

58. Viglizzo, E.F., Z.E. Roberto, M.C. Filippin, y A.J. Pordomingo, *Climate variability y agroecological change in the Central Pampas of Argentina*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1995. **55**(1): p. 7-16.
59. Franzluebbers, A.J., J. Sawchik, y M.A. Taboada, *Agronomic y environmental impacts of pasture-crop rotations in temperate North y South America*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2014. **190**: p. 18-26.
60. Mastrangelo, M.E., F. Weyland, L.P. Herrera, S.H. Villarino, M.P. Barral, y A.D. Auer, *Ecosystem services research in contrasting socio-ecological contexts of Argentina: Critical assessment y future directions*. Ecosystem Services, 2015. **16**: p. 63-73.
61. Grau, H.R., N.I. Gasparri, y T.M. Aide, *Agriculture expansion y deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina*. Environmental Conservation, 2005. **32**(02): p. 140-148.
62. Delvenne, P., F. Vasen, y A.M. Vara, *The "soy-ization" of Argentina: The dynamics of the "globalized" privatization regime in a peripheral context*. Technology in Society, 2013. **35**(2): p. 153-162.
63. Arancibia, F., *Challenging the bioeconomy: The dynamics of collective action in Argentina*. Technology in Society, 2013. **35**(2): p. 79-92.
64. Salembier, C., J.H. Elverdin, y J.-M. Meynard, *Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean based system in the Argentinean Pampa*. Agronomy for Sustainable Development, 2016. **36**(1).
65. Cerdeira, A.L., D.L.P. Gazziero, S.O. Duke, y M.B. Matallo, *Agricultural Impacts of Glyphosate-Resistant Soybean Cultivation in South America*. Journal of Agricultural y Food Chemistry, 2011. **59**(11): p. 5799-5807.
66. Filomeno, F.A., *State capacity y intellectual property regimes: Lessons from South American soybean agriculture*. Technology in Society, 2013. **35**(2): p. 139-152.
67. Leguizamón, A., *Modifying Argentina: GM soy y socio-environmental change*. Geoforum, 2014. **53**(0): p. 149-160.
68. Rainaud, M. *Informe de evolución de Siembra Directa en Argentina: Campaña 2018/19*. 2020 [7 November 2020].
69. Carolan, M.S., *Do you see what I see? Examining the epistemic barriers to sustainable agriculture*. Rural Sociology, 2006. **71**(2): p. 232-260.
70. Christoffoleti, P.J., A.J.B. Galli, S.J.P. Carvalho, M.S. Moreira, M. Nicolai, L.L. Foloni, B.A.B. Martins, y D.N. Ribeiro, *Glyphosate sustainability in South American cropping systems*. Pest Management Science, 2008. **64**(4): p. 422-427.
71. Bowles, T.M., M. Mooshammer, Y. Socolar, F. Calderón, M.A. Cavigelli, S.W. Culman, W. Deen, C.F. Drury, A. Garcia y Garcia, A.C.M. Gaudin, W.S. Harkcom, R.M. Lehman, S.L. Osborne, G.P. Robertson, J. Salerno, M.R. Schmer, J. Strock, y A.S. Grandy, *Long-Term Evidence Shows that Crop-Rotation Diversification Increases Agricultural Resilience to Adverse Growing Conditions in North America*. One Earth, 2020. **2**.
72. de Abelleira, D. y S. Verón, *Crop rotations in the Rolling Pampas: Characterization, spatial pattern y its potential controls*. Remote Sensing Applications: Society y Environment, 2020. **18**: p. 100320.
73. Dirección de Estimaciones Agrícolas, *Estimaciones Agrícolas*, G.y.P. Ministerio de Agricultura, Editor. 2020, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca: Buenos Aires, Argentina.
74. Piñeiro, M. y F. Villarreal, *Modernización agrícola y nuevos sectores sociales*. Ciencia Hoy, 2005. **15**(87): p. 32-36.
75. Carolan, M.S., *Barriers to the adoption of sustainable agriculture on rented land: an examination of contesting social fields*. Rural Sociology, 2005. **70**(3): p. 387-413.
76. Soule, M.J., A. Tegene, y K.D. Wiebe, *Ly tenure y the adoption of conservation practices*. American Journal of Agricultural Economics, 2000. **82**: p. 993-1005.

77. Scarpati, O.E., J.A. Forte Lay, y A.D. Capriolo, *Soil water surplus y ENSO events during the last humid period in Argentine Pampean flatlands*. International Journal of Water, 2009. **5**(2): p. 181-193.
78. Aragón, R., E.G. Jobbágy, y E.F. Viglizzo, *Surface y groundwater dynamics in the sedimentary plains of the Western Pampas (Argentina)*. Ecohydrology, 2010. **4**(3): p. 433-447.
79. Viglizzo, E.F., E.G. Jobbágy, F.C. Frank, R. Aragón, L. De Oro, y V. Salvador, *The dynamics of cultivation y floods in arable lands of Central Argentina*. Hydrology y Earth System Sciences, 2009. **13**: p. 491-502.
80. Ravelo, A.C., R.E. Zanvetto, y P.E.C. Boletta, *Atlas de sequías de la República Argentina*. 2014, Córdoba, Argentina: CREAN, CONICET y Universidad Nacional de Córdoba.
81. Ravelo, A.C., R.E. Zanvetto, P.E.C. Boletta, y S.S. Sánchez, *Argentina*, in *Atlas de Sequía de América Latina y el Caribe*, J. Núñez Cobo y K. Verbist, Editors. 2018, UNESCO y Centro de Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC),. p. 2014.
82. Minetti, J.L., W.M. Vargas, B. Vega, y M.C. Costa, *Las sequías en la pampa húmeda: impacto en la productividad del maíz*. Revista Brasileira de Meteorologia, 2007. **22**: p. 218-232.
83. Scarpati, O.E. y A.D. Capriolo, *Droughts y floods in Buenos Aires province (Argentina) y their space y temporal distribution*. Investigaciones Geograficas, 2013. **82**: p. 38-51.
84. Herzer, H., *Flooding in the Pampean Region of Argentina: The Salado Basin*, in *Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk*, A. Kreimer, M. Arnold, y A. Carlin, Editors. 2003, The World Bank, Disaster Management Facility: Washington, D.C. p. 137-147.
85. Viglizzo, E.F. y F.C. Frank, *Land-use options for Del Plata Basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision*. Ecological Economics, 2006. **57**(1): p. 140-151.
86. Naumann, G., M.W. Vargas, P. Barbosa, V. Blauhut, J. Spinoni, y V.J. Vogt, *Dynamics of Socioeconomic Exposure, Vulnerability y Impacts of Recent Droughts in Argentina*. Geosciences, 2019. **9**(1).
87. Rivera, J.A. y O.C. Penalba, *Trends y Spatial Patterns of Drought Affected Area in Southern South America*. Climate, 2014. **2**(4): p. 264-278.
88. Skansi, M.M., S.E. Núñez, G.P. Podestá, V. H., y N. Garay, *La sequía del año 2008 en la región húmeda argentina descripta a través del Índice de Precipitación Estandarizado*, in *CONGREGMET 2009*. 2009: Buenos Aires, Argentina.
89. McKee, T.B., N.J. Doesken, y J. Kleist, *The relationship of drought frequency y duration to time scales*, in *Eighth Conference on Applied Climatology*. 1993, American Meteorological Society: Anaheim, California. p. 179-184.
90. Rivera, J.A., *Aspectos climatológicos de las sequías meteorológicas en el sur de Sudamérica - Análisis regional y proyecciones futuras*, in *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos*. 2014, Universidad de Buenos Aires: Buenos Aires, Argentina. p. 351.
91. Spinoni, J., P. Barbosa, E. Bucchignani, J. Cassano, T. Cavazos, J.H. Christensen, O.B. Christensen, E. Coppola, J. Evans, B. Geyer, F. Giorgi, P. Hadjinicolaou, D. Jacob, J. Katzfey, T. Koenigk, R. Laprise, C.J. Lennard, M.L. Kurnaz, D. Li, M. Llopart, N. McCormick, G. Naumann, G. Nikulin, T. Ozturk, H.-J. Panitz, R. Porfirio da Rocha, B. Rockel, S.A. Solman, J. Syktus, F. Tangang, C. Teichmann, R. Vautard, J.V. Vogt, K. Winger, G. Zittis, y A. Dosio, *Future Global Meteorological Drought Hot Spots: A Study Based on CORDEX Data*. Journal of Climate, 2020. **33**(9): p. 3635-3661.
92. Cook, B.I., J.S. Mankin, K. Marvel, A.P. Williams, J.E. Smerdon, y K.J. Anchukaitis, *Twenty-First Century Drought Projections in the CMIP6 Forcing Scenarios*. Earth's Future, 2020. **8**(6): p. e2019EF001461.
93. Funk, C., P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, S. Shukla, G. Husak, J. Rowland, L. Harrison, A. Hoell, y J. Michaelsen, *The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes*. Scientific Data, 2015. **2**: p. 150066.
94. Kooperberg, C. y C.J. Stone, *A study of log-spline density estimation*. Computational Statistics & Data Analysis, 1991. **12**(3): p. 327-347.

95. Svoboda, M., D. LeComte, M. Hayes, R. Heim, K. Gleason, J. Angel, B. Rippey, R. Tinker, M. Palecki, D. Stooksbury, D. Miskus, y S. Stephens, *The Drought Monitor*. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002. **83**(8): p. 1181-1190.
96. Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería, y J.I. López-Moreno, *A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*. Journal of Climate, 2010. **23**(7): p. 1696-1718.
97. Bolsa de Cereales, *Informe cierre de campaña - Soja 2017/18*, in *Panorama Agrícola Semanal*, D.d.E. Agrícolas, Editor. 2018, Bolsa de Cereales: Buenos Aires, Argentina.
98. Bolsa de Cereales, *Informe cierre de campaña - Maíz 2017/18*, in *Panorama Agrícola Semanal*, B.d. Cereales, Editor. 2018, Bolsa de Cereales: Buenos Aires, Argentina.
99. Reuters, *Argentina economy shrinks in April due to drought; central bank holds rate*, in *Reuters*. 2018.
100. Bolsa de Cereales, *Campaña 2017/18: Evaluación del impacto económico de la sequía - Actualización*, I.d.E. Económicos, Editor. 2018, Bolsa de Cereales: Buenos Aires, Argentina.
101. Arelovich, H.M., R.D. Bravo, y M.F. Martínez, *Development, characteristics, y trends for beef cattle production in Argentina*. Animal Frontiers, 2011. **1**(2): p. 37-45.
102. Cruz, G., W. Baethgen, D. Bartaburu, M. Bidegain, A. Giménez, M. Methol, H. Morales, V. Picasso, G. Podestá, R. Taddei, R. Terra, G. Tiscornia, y M. Vinocur, *Thirty Years of Multilevel Processes for Adaptation of Livestock Production to Droughts in Uruguay*. Weather, Climate, y Society, 2018. **10**(1): p. 59-74.
103. Thomasz, E.O., G. Rondinone, A.S. Vilker, y M. Eriz, *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?* 2017, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires: Buenos Aires, Argentina. p. 56.
104. Pontón, R. y M. Acoroni, *La Bolsa de Comercio de Rosario. Su participación en el desarrollo del complejo oleaginoso más importante del país*, in *La Argentina 2050. La revolución tecnológica del agro. Hacia el desarrollo integral de nuestra sociedad*, D. Ricci, Editor. 2009, Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes - CASAFE: Buenos Aires, Argentina. p. 212-250.
105. Gutiérrez Cabello, A., *El impacto de la sequía en la economía Argentina. El caso del cultivo de soja*. 2018, Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Economía y Negocios.
106. Gaupp, F., J. Hall, S. Hochrainer-Stigler, y S. Dadson, *Changing risks of simultaneous global breadbasket failure*. Nature Climate Change, 2020. **10**(1): p. 54-57.
107. Heino, M., J.H.A. Guillaume, C. Müller, T. Iizumi, y M. Kummu, *A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems*. Earth System Dynamics, 2020. **11**(1): p. 113-128.
108. Heino, M., M.J. Puma, P.J. Ward, D. Gerten, V. Heck, S. Siebert, y M. Kummu, *Two-thirds of global cropland area impacted by climate oscillations*. Nature Communications, 2018. **9**: p. 1257.
109. Najafi, E., I. Pal, y R. Khanbilvardi, *Climate drives variability y joint variability of global crop yields*. Science of The Total Environment, 2019. **662**: p. 361-372.
110. Berlatto, M.A., H. Farenzena, y D.C. Fontana, *Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2005. **40**(5): p. 423-432.
111. Ferreira, D. y V.B. Rao, *Recent climate variability y its impacts on soybean yields in Southern Brazil*. Theoretical y Applied Climatology, 2011. **105**(1): p. 83-97.
112. Fraisse, C.W., V.E. Cabrera, N.E. Breuer, J. Baez, J. Quispe, y E. Matos, *El Niño – Southern Oscillation influences on soybean yields in eastern Paraguay*. International Journal of Climatology, 2007.
113. Baethgen, W.E., M. Carriquiry, y C. Ropelewski, *Tilting the odds in maize yields: how climate information can help manage risks*. Bulletin of the American Meteorological Society, 2009. **90**(2): p. 179-183.

114. Naumann, G., L. Alfieri, K. Wyser, L. Mentaschi, R.A. Betts, H. Carrao, J. Spinoni, J. Vogt, y L. Feyen, *Global Changes in Drought Conditions Under Different Levels of Warming*. Geophysical Research Letters, 2018. **45**(7): p. 3285-3296.
115. Gaupp, F., J. Halla, D. Mitchell, y S. Dadson, *Increasing risks of multiple breadbasket failure under 1.5 y 2 °C global warming*. Agricultural Systems, 2019. **175**: p. 34-45.
116. Pozzi, W., J. Sheffield, R. Stefanski, D. Cripe, R. Pulwarty, J.V. Vogt, R.R. Heim, M.J. Brewer, M. Svoboda, R. Westerhoff, A.I.J.M. van Dijk, B. Lloyd-Hughes, F. Pappenberger, M. Werner, E. Dutra, F. Wetterhall, W. Wagner, S. Schubert, K. Mo, M. Nicholson, L. Bettio, L. Nunez, R. van Beek, M. Bierkens, L.G.G. de Goncalves, J.G.Z. de Mattos, y R. Lawford, *Toward Global Drought Early Warning Capability: Expanding International Cooperation for the Development of a Framework for Monitoring y Forecasting*. Bulletin of the American Meteorological Society, 2013. **94**(6): p. 776-785.
117. Wilhite, D.A., S.M.V. K., y D.A. Wood, *Early Warning Systems for Drought Preparedness y Drought Management*, in *Proceedings of an Expert Group Meeting held 5-7 September, 2000, in Lisbon, Portugal*. 2000: Lisbon, Portugal.
118. Porter, J.J. y S. Dessai, *Mini-me: Why do climate scientists' misundersty users y their needs?* Environmental Science & Policy, 2017. **77**(Supplement C): p. 9-14.
119. Maddonni, G.A., *Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach*. Theoretical y Applied Climatology, 2012. **107**(3): p. 325-345.
120. Sivakumar, M.V.K., R.P. Motha, D.A. Wilhite, y J.J. Qu, eds. *Towards a Compendium on National Drought Policy. Proceedings of an Expert Meeting, July 14-15, 2011, Washington DC, USA*. AGM-12 WAOB-2011. 2011, World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland. 115.
121. Wilhite, D.A., M.V.K. Sivakumar, y R. Pulwarty, *Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy*. Weather y Climate Extremes, 2014. **3**(0): p. 4-13.
122. Freires Lúcio, F.D. y V.F. Grasso, *The Global Framework for Climate Services (GFCS)*. Climate Services, 2016. **2-3**: p. 52-53.
123. Stone, R.C. y H. Meinke, *Weather, climate, y farmers: an overview*. Meteorological Applications, 2006. **13**(S1): p. 7-20.
124. Ash, A., P. McIntosh, B. Cullen, P. Carberry, y M.S. Smith, *Constraints y opportunities in applying seasonal climate forecasts in agriculture*. Australian Journal of Agricultural Research, 2007. **58**(10): p. 952-965.
125. Kniveton, D., E. Visman, A. Tall, M. Diop, R. Ewbank, E. Njoroge, y L. Pearson, *Dealing with uncertainty: integrating local y scientific knowledge of the climate y weather*. Disasters, 2014. **39**(s1): p. s35-s53.
126. Haigh, T., V. Koundinya, C. Hart, J. Klink, M. Lemos, A.S. Mase, L. Prokopy, A. Singh, D. Todey, y M. Widhalm, *Provision of Climate Services for Agriculture: Public y Private Pathways to Farm Decision-Making*. Bulletin of the American Meteorological Society, 2018. **99**(9): p. 1781-1790.
127. Lemos, M.C., C.J. Kirchoff, y V. Ramprasad, *Narrowing the climate information usability gap*. Nature Climate Change, 2012. **2**: p. 789.
128. Mase, A.S., B.M. Gramig, y L.S. Prokopy, *Climate change beliefs, risk perceptions, y adaptation behavior among Midwestern U.S. crop farmers*. Climate Risk Management, 2017. **15**: p. 8-17.
129. Buontempo, C., C.D. Hewitt, F.J. Doblaz-Reyes, y S. Dessai, *Climate service development, delivery y use in Europe at monthly to inter-annual timescales*. Climate Risk Management, 2014. **6**: p. 1-5.
130. Mahon, R., C. Greene, S.-A. Cox, Z. Guido, A.K. Gerlak, J.-A. Petrie, A. Trotman, D. Liverman, C.J. Van Meerbeek, W. Scott, y D. Farrell, *Fit for purpose? Transforming National Meteorological y Hydrological Services into National Climate Service Centers*. Climate Services, 2019.
131. Bachmair, S., C. Svensson, J. Hannaford, L.J. Barker, y K. Stahl, *A quantitative analysis to objectively appraise drought indicators y model drought impacts*. Hydrology y Earth System Science, 2016. **20**(7): p. 2589-2609.

132. Bachmair, S., C. Svensson, I. Prosdocimi, J. Hannaford, y K. Stahl, *Developing drought impact functions for drought risk management*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 2017. **2017**: p. 1-22.
133. Sutanto, S.J., M. van der Weert, V. Blauhut, y H.A.J. Van Lanen, *Skill of large-scale seasonal drought impact forecasts*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2020. **20**(6): p. 1595-1608.
134. Enenkel, M., M.E. Brown, J.V. Vogt, J.L. McCarty, A. Reid Bell, D. Guha-Sapir, W. Dorigo, K. Vasilaky, M. Svoboda, R. Bonifacio, M. Anderson, C. Funk, D. Osgood, C. Hain, y P. Vinck, *Why predict climate hazards if we need to understy impacts? Putting humans back into the drought equation*. Climatic Change, 2020. **162**(3): p. 1161-1176.
135. Lemos, M.C., K.S. Wolske, L.V. Rasmussen, J.C. Arnott, M. Kalcic, y C.J. Kirchhoff, *The Closer, the Better? Untangling Scientist–Practitioner Engagement, Interaction, y Knowledge Use*. Weather, Climate, y Society, 2019. **11**(3): p. 535-548.
136. Superintendencia de Seguros de la Nación, *Encuesta de Seguros en los Sectores Agropecuarios y Forestal, Ejercicio económico 2018*. 2018, Ministerio de Hacienda: Buenos Aires, Argentina.
137. Scarpati, O.E. y A.D. Capriolo, *A Study of Seasonal Trends in Precipitation Patterns During a Period of Forty Years for Sustainable Agricultural Water Management in Buenos Aires Province, Argentina*, in *Sustainability Perspectives: Science, Policy y Practice*, P.A. Khaitey y M.G. Erechtkhoukova, Editors. 2020, Springer: Cham, Switzerland. p. 223-240.
138. Perrone, D., *Groundwater Overreliance Leaves Farmers y Households High y Dry*. One Earth, 2020. **2**(3): p. 214-217.
139. Deybe, D. y G. Flichman, *A regional agricultural model using a plant growth simulation program as activities generator-- an application to a region in Argentina*. Agricultural Systems, 1991. **37**(4): p. 369-385.
140. Eakin, H. y M. Wehbe, *Linking local vulnerability to system sustainability in a resilience framework: two cases from Latin America*. Climatic Change, 2009. **93**(3): p. 355-377.
141. Venton, P., C. Cabot Venton, N. Limones, C. Ward, F. Pischke, N. Engle, M. Wijnen, y A. Talbi, *Framework for the Assessment of Benefits of Action/Cost of Inaction (BACI) for Drought Preparedness*, in *Water Global Practice Working Papers*. 2019, World Bank: Washington, D.C.
142. World Meteorological Organization (WMO) y Global Water Partnership (GWP), *Benefits of action y costs of inaction: Drought mitigation y preparedness – a literature review (N. Gerber y A. Mirzabaev)*, in *Drought Management Programme (IDMP) Working Paper 1*. 2017, WMO y GWP: Geneva, Switzerly y Stockholm, Sweden.
143. Stalker Prokopy, L., J.S. Carlton, T. Haigh, M.C. Lemos, A. Saylor Mase, y M. Widhalm, *Useful to Usable: Developing usable climate science for agriculture*. Climate Risk Management, 2017. **15**: p. 1-7.
144. Kirchhoff, C.J., M.C. Lemos, y N.L. Engle, *What influences climate information use in water management? The role of boundary organizations y governance regimes in Brazil y the U.S.* Environmental Science & Policy, 2013. **26**(0): p. 6-18.
145. Kirchhoff, C.J., M.C. Lemos, y S. Kalafatis, *Narrowing the gap between climate science y adaptation action: The role of boundary chains*. Climate Risk Management, 2015. **9**: p. 1-5.