

Seguridad alimentaria en Argentina en caso de un Escenario de Reducción Abrupta de la Luz Solar (ERALS)

PROPUESTA ESTRATÉGICA



Abril
2023



RCG



ALLFED

Prólogo

La sanción de la Ley 27.287 de creación del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil (SINAGIR), y la normativa complementaria, constituyen un hito en materia de la optimización de los mecanismos de prevención y respuesta ante eventos adversos, en cuanto se define un ámbito de trabajo articulado de los distintos niveles de gobierno con un abordaje multiagencial, interdisciplinario y federal en la República Argentina.

Éste es el marco que, alineado con las prioridades y metas del Marco de Sendai, impulsó el desarrollo del primer Plan Nacional de Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD) 2018-2023, cuyo objeto se basó en integrar y fortalecer las acciones destinadas a la reducción de riesgos de desastres (RRD), el manejo de la crisis y la recuperación a través del trabajo técnico de las respectivas comisiones.

En la actualidad, 19 comisiones técnicas, muchas de ellas coordinadas por representantes de la Red de Organismos Científico Técnicos para la Gestión del Riesgo de Desastres (Red GIRCyT) se encuentran activas y abocadas a la elaboración del nuevo PNRRD 2024-2030, que, además, incorpora las propuestas recibidas de la comunidad a través del proceso consultivo llevado a cabo a fin del año 2022 y que contó con la participación tanto de organizaciones de la sociedad civil como del sector privado.

En virtud que la amenaza de “Escenarios de Reducción Abrupta de la Luz Solar” (ERALS), desarrollado en el presente informe, no se encuentra contemplada en el alcance del plan nacional, invito a la organización “Riesgos Catastróficos Globales” a inscribirse en el Registro de Asociaciones para la Gestión Integral del Riesgo (RAGIR) e integrarse así al Consejo Consultivo de las Organizaciones de la Sociedad Civil del SINAGIR.

Estamos recorriendo un derrotero que implica, cabalmente, hacer camino al andar. Lo hacemos con la convicción de que el cambio de paradigma y la consolidación de una política de estado en materia de reducción de riesgos de desastres debe llevarse a cabo en el marco de una gestión integral y transversal.

Es por ello que felicitamos a los distintos actores que se han involucrado con esfuerzo en el marco de la propuesta estratégica para la “Seguridad Alimentaria en Argentina en caso de un escenario de Reducción Abrupta de la Luz Solar”, agradeciendo su fructífera labor y esperando que las recomendaciones resultantes de la presente guía puedan servir de insumo para el nuevo plan nacional 2024-2030.



Dra. Silvia La Ruffa
Secretaria de Articulación Federal de la
Seguridad
Secretaria Ejecutiva del SINAGIR
junio 2023

Resumen ejecutivo

Los escenarios de reducción abrupta de la luz solar (ERALS) son el resultado de eventos que expulsan material particulado a la atmósfera superior, reflejando y absorbiendo la luz solar que, de otro modo, alcanzaría la superficie terrestre. Esta disminución de la luz solar provoca una caída de las temperaturas y precipitaciones globales, con consecuencias devastadoras para la agricultura. Causas potenciales de un ERALS incluyen grandes erupciones volcánicas, guerra nuclear e impacto de asteroides (ALLFED, 2022). Es probable que el impacto de dichos eventos perdure por varios años, incluso por una década, y tenga una repercusión a nivel mundial para la agricultura y la seguridad alimentaria.

Algunos investigadores estiman que en un escenario de esta índole (como un invierno nuclear severo) alrededor del 75% de la población mundial podría perecer por inanición durante los dos años posteriores al evento (Xia et al., 2022). En concreto, si la atmósfera recogiera 150 millones de toneladas de hollín, se produciría una disminución de temperatura de entre 7°C y 15 °C, una disminución de luz solar de entre el 15% y el 80% y una disminución en las precipitaciones de entre el 20% y el 70% a nivel global, provocando una caída en la producción calórica¹ de entre el 80% y el 90%.

Algunas regiones del mundo parecen contar con mejores condiciones para sobrevivir a un ERALS; entre ellas, se encuentran países insulares como Nueva Zelanda o Australia (Boyd & Wilson, 2022), y países continentales como Argentina, Uruguay y Paraguay (Xia et al., 2022). Evaluando los diferentes países de Latinoamérica, se decidió enfocar el estudio en Argentina debido a su ubicación, capacidad de producción agrícola, resiliencia de la cadena de suministro, entre otros indicadores relevantes para responder a un ERALS y desempeñar un papel crucial en la distribución y exportación de alimentos. Adaptar los sistemas alimentarios de Argentina de manera rápida y eficaz marcaría la diferencia ante un escenario de reducción abrupta de la luz solar, **evitando la hambruna y garantizando la producción de alimentos suficientes, variados y nutritivos, con excedentes para la exportación, que contribuyan a evitar una potencial crisis humanitaria a nivel regional y mundial.**

Considerando la importancia de la ubicación geográfica de Argentina, resulta fundamental que el gobierno participe activamente en la **elaboración de planes de contingencia** destinados a enfrentar posibles amenazas en la región, y se recomienda la **creación de un grupo de trabajo interdepartamental** para investigar la amenaza que representa un ERALS y cómo afrontarla. Por esto, desde la iniciativa [Riesgos Catastróficos Globales \(RCG\)](#), una red de profesionales dedicados a la prevención de catástrofes globales, se ha elaborado el presente informe a partir de una exhaustiva revisión bibliográfica, un mapeo de actores y una serie de 11 entrevistas con expertos nacionales e internacionales en la materia, además de representantes del sistema de gestión del riesgo del gobierno Argentino. Este documento contiene 8 recomendaciones principales, divididas en **comunicación y suministro** de alimentos, y la **producción y redirección** de estos en caso de un ERALS, así como acciones prioritarias para una implementación efectiva:

¹ Producción calórica hace referencia al contenido calórico total de los alimentos producidos.

Comunicación y suministro de alimentos

1. Formular **planes de respuesta para el suministro de agua** a la población, en coordinación a nivel federal y provincial a través la Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento (DNAPyS).
2. Formular estrategias y marcos legales para el **racionamiento** interno de alimentos almacenados y la reducción del desperdicio en caso de catástrofe.
3. Mantener la **apertura comercial** para estimular la producción de alimentos y poder acceder a la importación de insumos y materiales críticos.
4. Establecer una estrategia clara y centralizada en materia de comunicación, mediante la **difusión de un plan de manejo de la emergencia**.

Producción y redirección de alimentos

1. **Redireccionar los alimentos utilizados en la alimentación animal y producción de biocombustibles a la alimentación humana.** Parar la crianza de animales destinados a producción de carne es la intervención que más cantidad de alimento desbloquea.
2. Implementar adaptaciones en los sistemas agrícolas para aumentar la producción de alimentos. Incluye, el despliegue de soluciones como la **relocalización de cultivos tolerantes a condiciones de baja temperatura y bajas precipitaciones**, la construcción rápida de **invernaderos** simples y el **aumento de las áreas de cultivo** mediante la adaptación de tierra cultivable que actualmente no se utilice para la producción alimentaria.
3. (Menos prioritaria) Implementar adaptaciones en los sistemas de acuicultura para aumentar la producción de alimentos. Incluye la reactivación de la industria nacional de algas y el fortalecimiento del sector pesquero.
4. (Menos prioritaria) Implementar adaptaciones de alta tecnología para aumentar la producción de alimentos. Estas incluyen tecnologías alimentarias industriales como conversión de industrias papeleras y de biocombustibles para la producción de azúcar lignocelulósico y la producción de proteína unicelular a partir de metano.

A partir del trabajo realizado, se concluye que en Argentina las instituciones que pueden contar con la capacidad de elaborar un plan de respuesta incorporando estas recomendaciones son: la Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad, la Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGPyA), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) y la Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA); con la colaboración de los comités de emergencia donde participan el Ministerio de Defensa, el Ministerio de Seguridad y la Secretaría de Protección Civil y Abordaje de Emergencias. Es por eso que se recomienda la incorporación de un grupo de trabajo interdepartamental con encargados específicos para mejorar la planeación en cuestión de seguridad alimentaria en caso de un ERALS.

Índice

Resumen ejecutivo	1
Estructura del informe	4
Introducción	5
Sumario de antecedentes	6
Metodología	7
Priorización entre regiones	7
Mapeo de actores	8
Efectos de un ERALS en Argentina	12
Gestión del riesgo en Argentina	13
Propuestas de gestión en caso de ERALS	15
Resultados de las adaptaciones	26
Relación de responsables	32
Conclusión	34
Apéndices	36
Apéndice 1a Evaluación de países latinoamericanos para responder a un ERALS	
- Matriz de decisión	36
Apéndice 1b Explicación de indicadores incluidos en la matriz de decisión	37
Apéndice 2 Recursos y contactos	39
Apéndice 3 Entrevistas	44
Apéndice 4 Revisión de literatura	51
Apéndice 5a Relación de actores	55
Apéndice 5b Responsables en caso de ERALS	58
Apéndice 6 Modelo	59
Apéndice 7. Modelo de expansión de zonas cultivables	61

Estructura del informe

El informe está compuesto por ocho secciones. En las primeras tres, se presenta un panorama general para contextualizar al lector y describir los presupuestos conceptuales y metodológicos que se consideran a lo largo del documento. La primera de estas secciones es la [Introducción](#), donde se encuentra la descripción del problema, se da una definición base para el trabajo en ERALS y se establecen los objetivos que guiarán el informe; seguida del [Sumario de antecedentes](#), donde se hace una breve revisión de la literatura existente sobre ERALS y los modelos que se han usado para medir el impacto que estos escenarios tendrían sobre el clima y la producción de alimento. A continuación, se describen los [aspectos metodológicos](#) de la [Priorización entre regiones](#) y del [Mapeo de actores](#), los cuales permiten entender cómo se realizó la elección de la región a trabajar y la selección de los actores a entrevistar.

Las siguientes secciones del informe se centran en el análisis concreto de aspectos relacionados con la gestión de un ERALS en Argentina, empezando por la sección de [Efectos de ERALS en Argentina](#), donde se examina el impacto potencial de un evento de ERALS sobre la producción de alimento en ese país. Para paliar este impacto, en la sección de [Propuestas de gestión en caso de ERALS](#) se sugieren estrategias específicas para mejorar la preparación y respuesta a un ERALS en Argentina. Posterior a ello, se realizó un insumo gráfico para ilustrar qué responsables y expertos podrían estar involucrados en la implementación de cada propuesta en el país, lo cual figura en el apartado denominado [Relación de responsables](#). Finalmente, en la [Conclusión](#) se resumen los principales hallazgos del informe y se sugieren algunas recomendaciones para futuras investigaciones y acciones relacionadas con RCG y, en específico, con ERALS.

Introducción

Los riesgos catastróficos globales (RCG) refieren a riesgos que pueden afectar el bienestar de los seres humanos a escala global (Bostrom & Cirkovic, 2008). Dentro de los riesgos catastróficos globales, se encuentran eventos que afectan significativamente al sistema alimentario global, pudiendo causar un colapso del mismo (Benedict et al., 2021). Eventos de esta categoría se han pronosticado con una probabilidad de ocurrencia del 80% en este siglo (Bailey et al., 2015), y una probabilidad de una pérdida casi total de la producción de alimentos del 10% en este siglo (Denkenberger & Pearce, 2014).

El shock alimentario más extremo que podría amenazar a la humanidad es un escenario de reducción abrupta de la luz solar (ERALS)², es decir, un evento en el cual la atmósfera quedaría nublada por una gran cantidad de material particulado, impidiendo el paso de la luz solar, provocando un “invierno” global y, en consecuencia, un inminente colapso agrícola que podría acabar con la vida de miles de millones de personas (García Martínez, 2022).

Se han identificado al menos tres causas que podrían provocar un ERALS (Rivers, et al., 2022): el impacto de un gran asteroide, cuya probabilidad se estima en un ~0,0001% por año (Bostrom & Cirkovic, 2008); la erupción de un supervolcán, con una probabilidad de ~0,01% por año (Lin et al., 2022); y una guerra nuclear con una probabilidad de ~1% por año (Baum et al., 2018). Consecuencias de un ERALS, como temperaturas bajo cero en el verano del hemisferio norte (Coupe et al., 2019) que impedirían la agricultura convencional, nos llevarían a un shock alimentario global catastrófico por una pérdida de la producción agrícola mundial. Un ejemplo histórico de este tipo de escenario fue la erupción del volcán Tambora, ubicado en Indonesia, que desencadenó una gran hambruna en el *año sin verano* de 1816 (Fuentes, 2016).

Una preparación insuficiente en combinación con el corto tiempo de adaptación (Pham et al., 2022), sumado a posibles conflictos sociales y crisis económica, podrían provocar un rápido colapso social o agravar las consecuencias ya alarmantes de un ERALS (Xia et al., 2022a). Actualmente, la sociedad global no está preparada para un evento catastrófico así, lo que pone de manifiesto la necesidad urgente de evaluar e implementar soluciones, ya que un ERALS exigiría una serie de adaptaciones al sistema alimentario y de soluciones complementarias para prevenir la hambruna masiva, conocidas como soluciones alimentarias resilientes (Rivers, et al., 2022).

Según la organización Alliance to Feed the Earth in Disasters (ALLFED), el trabajo clave para prevenir la hambruna global por falta de producción de alimento en cualquier ERALS incluye 1) investigación sobre métodos de producción de alimentos, aumento de la producción, despliegue de tecnología y ajustes en la producción en función de los requerimientos nutricionales de la población; 2) mayor desarrollo/pruebas piloto de tecnologías y técnicas que

² Usualmente abreviado en la literatura de habla inglesa como Abrupt Sunlight Reduction Scenarios (ASRS).

conduzcan a una respuesta más rápida, y 3) la creación e implementación de planes efectivos de respuesta a desastres (Rivers, et al., 2022).

La elaboración de un plan de respuesta en países capaces de autoabastecerse en un ERALS puede ser una oportunidad para mitigar la falta de alimento en el mundo durante este tipo de catástrofe. El presente informe tiene como objetivo identificar las regiones hispanohablantes más prometedoras en un ERALS y equipar a los agentes políticos con información actualizada y recomendaciones concretas que permitan gestionar eficazmente este riesgo.

A través de diferentes modelos climáticos y de adaptaciones (Xia et al., 2022) (Rivers, et al., 2022), se ha destacado que algunos países del hemisferio sur podrían verse menos afectados en caso de un ERALS. La combinación de estas condiciones con las actuales y potenciales capacidades de producción agrícola de Argentina, la convierten en una de las mayores promesas en Latinoamérica en cuanto a la producción de alimentos frente a un escenario así. Debido a la falta de planes para la gestión de este riesgo en este país, el presente informe plantea una serie de recomendaciones que pueden ser tenidas en cuenta en la preparación y respuesta ante un ERALS en Argentina.

Sumario de antecedentes

Aunque a comienzos del siglo XIX surgieron las primeras hipótesis sobre la posibilidad de una disminución en la luz solar causada por la acumulación de cenizas y gases volcánicos en la atmósfera, los primeros acercamientos al estudio de un ERALS que fueron acogidos ampliamente por la comunidad científica (Martin, 1988) se realizaron hasta 1982, cuando la revista sueca *AMBIO* realizó un número especial sobre los efectos ambientales de la guerra nuclear. En este número, modelaron un escenario de una guerra nuclear a gran escala en la que se lanzaron 5000 Mt de armas sobre objetivos en América del Norte, Europa y Asia, e invitaron a diferentes científicos a escribir artículos sobre los efectos que tendría sobre el medio ambiente. Paul Crutzen y John Birks, escribieron un artículo sobre los efectos sobre la contaminación atmosférica.

Motivados por los hallazgos de Crutzen y Birks, investigadores de diferentes países utilizaron modelos para calcular cómo respondería el sistema climático de la Tierra a tal cantidad de material particulado en la atmósfera y cómo la temperatura y otras variables climáticas cambiarían (Robock, 2015). A medida que los modelos climáticos se volvieron más refinados, algunos detalles sobre los cambios de temperatura se modificaron, pero nadie pudo encontrar un mecanismo que superara el hecho básico de que la luz no puede atravesar nubes espesas de material particulado (Ibid).

Desde estas primeras investigaciones hasta hoy, se han realizado simulaciones de los impactos que puede tener un ERALS, principalmente de origen nuclear. Algunos de los más relevantes en la actualidad son los ejercicios comparativos entre las proyecciones del modelo WACCM4 (Whole Atmosphere Community Climate Model version 4) y el GISS ModelE (Coupe et al.,

2019). Como complemento de los modelos climáticos, también se han medido los impactos específicos que un evento así puede tener sobre el sistema alimentario mundial en diferentes escenarios de guerra (Xia et al., 2022), llegando a estimar que la producción promedio de calorías de los cultivos podría disminuir del 7% al 90% dependiendo de los escenarios de guerra, ya que estos podrían generar de 5 Tg a 150 Tg de ceniza según los objetivos y el tipo y cantidad de armas detonadas. Incluso el escenario más optimista implicaría una disminución del 7%, lo que sería la mayor anomalía registrada desde el comienzo de las observaciones de la FAO sobre la producción y el consumo de calorías mundial.

De la mano de estas estimaciones, durante los últimos años han surgido nuevas investigaciones que permitirían hacer frente al impacto de los ERALS sobre el sistema alimentario, identificando zonas prometedoras (Boyd & Wilson, 2022; Xia et al., 2022), investigando sobre alimentos resilientes (Baum et al., 2018; J. García Martínez, 2022; J. B. García Martínez et al., 2022; Pham et al., 2022), o elaborando recomendaciones para agentes políticos (ALLFED, 2022). Según los expertos consultados y la literatura revisada, la intervención de los gobiernos es prioritaria para prepararse para ERALS severos; debe haber coordinación de información y comunicación, respaldos financieros, preparación, priorización y planes para el racionamiento de combustible, energía, atención médica y alimento (Boyd & Wilson, 2022). De acuerdo con la literatura disponible, las soluciones son posibles (Baum et al., 2018; J. García Martínez, 2022; J. B. García Martínez et al., 2022; Pham et al., 2022), pero la preparación debe darse con suficiente anticipación a fin de responder de manera adecuada.

Metodología

Priorización entre regiones

Para la priorización de regiones, se analizaron los modelos climáticos y de producción de alimento en un ERALS que se han generado hasta ahora (Rivers, et al., 2022; Xia et al., 2022a). Tomando en consideración estos modelos, se realizó una estimación inicial, la cual fue complementada con una matriz de decisión (Ver [Apéndice 1a](#)). En dicha matriz se evaluaron diferentes indicadores por país, como:

- Resiliencia de la cadena de suministro, tomado del World Economic Forum Global Competitiveness Index. Este indicador fue considerado, ya que en un ERALS será vital continuar con la distribución de alimentos y bienes.
- La estabilidad política y la efectividad del gobierno, tomados del Worldwide Governance Indicators, dado que la coordinación y la confianza en la gobernanza a nivel nacional y local pueden resultar importantes para la coordinación de la logística en la catástrofe (Boyd y Wilson, 2022).
- Capacidad de producción. Este indicador refiere a la autosuficiencia alimentaria en condiciones de invierno nuclear, ya que cuanto mejor sea la situación de un país en el

escenario sin adaptaciones, mejores posibilidades tiene de que sobreviva una parte de su población y de contribuir a la respuesta del resto de la región.

En el [Apéndice 1b](#) se presenta la descripción detallada de los indicadores considerados.

Este análisis permitió generar un listado de los países que serían prioritarios para responder a una catástrofe de esta índole, como Argentina, Uruguay y Chile. Decidimos centrarnos en Argentina, debido a que tendría mayor capacidad productiva durante un ERALS. Adicionalmente, es posible resaltar algunas condiciones potenciales de este país, como:

- **Ubicación:** Como país de la zona templada del hemisferio sur, Argentina es menos vulnerable al impacto del invierno nuclear y probablemente también al invierno volcánico.
- **Recursos naturales:** Argentina es rica en recursos naturales, incluyendo tierras agrícolas fértiles, reservas de petróleo y gas, y depósitos minerales.
- **Economía diversificada:** La economía de Argentina es relativamente diversificada, con sectores fuertes en agricultura, minería, manufactura y servicios.
- **Infraestructura:** Argentina tiene una infraestructura de transporte relativamente desarrollada (carreteras, ferrocarriles y aeropuertos) y conexiones de transporte con los principales socios comerciales.
- **Proximidad cercana a los principales socios comerciales:** Argentina tiene vínculos ferroviarios con los seis países vecinos y buenos vínculos marítimos con algunos de ellos. En particular, Brasil es un importante exportador de alimentos y de combustibles fósiles. El comercio continuo con estos países, especialmente con Brasil, podría aumentar la capacidad para garantizar un suministro adecuado de alimentos y una recuperación más rápida para Argentina.

Mapeo de actores

Durante el proceso de elaboración del informe, se llevó a cabo una serie de entrevistas con expertos nacionales e internacionales, así como con actores relacionados con la seguridad alimentaria de Argentina en un ERALS. Las personas entrevistadas fueron seleccionadas a partir de una base de datos de elaboración propia ([Apéndice 2](#)), tomando como referencia el conocimiento técnico en el caso de los expertos y el poder de decisión o influencia en el ámbito político argentino en el caso de los stakeholders.

Expertos

Los factores considerados para los expertos fueron:

- **Experiencia:** expertos que tengan experiencia en seguridad alimentaria y una comprensión demostrada de los riesgos catastróficos globales.

- **Relevancia:** expertos que hayan publicado investigaciones o hablado públicamente sobre la seguridad alimentaria desde una perspectiva global de riesgos catastróficos.
- **Reconocimiento:** expertos que sean reconocidos como líderes en su campo, ya sea a través de premios, publicaciones revisadas por pares o invitaciones para hablar en conferencias o eventos.
- **Diversidad:** expertos de una variedad de ubicaciones geográficas y antecedentes para garantizar una diversidad de perspectivas.

Fueron entrevistados cinco expertos internacionales: El primero fue Matthew Boyd, cuyo paper *'Island refuges for surviving nuclear winter and other abrupt sunlight-reducing catastrophes'* constituyó una base importante para la elaboración de este informe. Los cuatro restantes forman parte de Alliance to Feed the Earth in Disasters (ALLFED), que se identificó como el principal centro de investigación a nivel global en resiliencia alimentaria en ERALS. En concreto, algunos de los asuntos tratados con miembros de ALLFED fueron el modelamiento del contexto argentino, los desafíos e implicaciones económicas y los criterios para evaluar qué medidas priorizar.

Por otro lado, fueron contactados expertos locales para determinar las posibilidades de implementar en Argentina diversas soluciones alimentarias que se consideraron prometedoras. En particular, el proyecto contó con la participación de académicos en fisiología vegetal, ficología y acuicultura. El resumen de las entrevistas puede consultarse en el [Apéndice 3](#).

Grupos de interés

En cuanto a los grupos de interés, la aproximación a los actores locales se realizó a partir de la comprensión del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR) que tiene como función integrar las acciones de los distintos niveles de gobierno (nación, provincias y municipios) en emergencias nacionales, y que a su vez integra el Sistema Nacional de Alerta y Monitoreo de Emergencias (SINAME), que tiene como función monitorear las amenazas hidrometeorológicas y potenciales situaciones adversas en el país.

El sistema está conformado por actores de gobierno que se distribuyen por 20 sectores según sus funciones. Así tenemos: Gobierno (presidencia), Seguridad, Interior, Transporte, Relaciones Exteriores, Agricultura, Ambiente, Ciencia, Cultura, Defensa, Desarrollo Productivo, Desarrollo Social, Desarrollo Territorial, Economía, Justicia, Mujeres, Obras Públicas, Salud, Trabajo y Turismo.

Los 20 sectores son a su vez representados por 18 ministerios y 110 oficinas (entidades, secretarías, subsecretarías, departamentos, institutos, direcciones, comisiones, agencias, centros, sociedades públicas, juntas); de los 18 ministerios, existen 7 que tendrían algún tipo de relación con el escenario planteado en nuestra investigación, los cuales son Seguridad,

Relaciones Exteriores, Economía (que integra Agricultura), Ambiente, Ciencia, Defensa y Obras Públicas.

En particular, de estos ministerios, priorizamos 12 de las 110 oficinas, por coincidir con las variables de especialización en seguridad alimentaria y gestión directa de riesgos desde un nivel central. De estos, nos concentramos en aquellos que tienen funciones de prevención, mitigación y respuesta, más que de monitoreo, dando como resultado 10 oficinas que serían prioritarias:

Ministerio/sector	Entidad/oficina	Función
Ministerio de Defensa	Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias.	Efectuar la coordinación institucional y despliegue de las Fuerzas Armadas, para desarrollar tareas, actividades y acciones de prevención y respuesta inmediata ante emergencias y desastres naturales.
Ministerio de Seguridad	Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad.	Asiste al Ministro en la dirección del esfuerzo nacional de policía, en lo respectivo a la participación de las Fuerzas Policiales provinciales y en la coordinación del Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo y Protección Civil.
	Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil.	Articular el funcionamiento de los organismos del Gobierno Nacional, de los Gobiernos Provinciales, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Municipales, las Organizaciones no Gubernamentales y la Sociedad Civil, para fortalecer y optimizar las acciones destinadas a la reducción de riesgos, el manejo de la crisis y la recuperación.
	Dirección Nacional de Operaciones de Protección Civil.	Asistir a la Subsecretaría en materia del desarrollo de las acciones de preparación y de respuesta inmediata ante situaciones de emergencia y/o desastres socio-naturales , atendiendo a la coordinación del despliegue de las Fuerzas Policiales y de Seguridad.
	Dirección Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.	Asistir a la Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil en el desarrollo de las acciones de reducción del riesgo

Ministerio/sector	Entidad/oficina	Función
		de desastres , en su mitigación y en la reconstrucción de las áreas afectadas, promoviendo acciones de voluntariado y movilización comunitaria.
Ministerio de Economía	Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA).	Desarrollar, analizar y difundir herramientas de evaluación y reducción del riesgo agropecuario desde una perspectiva integral, contribuyendo a generar el marco adecuado para la ampliación y diversificación de los mercados de seguros e instrumentos de cobertura para el sector agropecuario y forestal.
	Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA).	Informar a las instituciones y público en general en la elaboración de medidas tendientes a prevenir y a mitigar la vulnerabilidad social y productiva a las sequías, incendios e inundaciones.
	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).	Promover el desarrollo de la industria federal mediante la innovación y la transferencia tecnológica.
	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).	Contribuir al desarrollo sostenible del sector agropecuario, agroalimentario y agroindustrial, a través de la investigación y la extensión.
Ministerio de Salud	Instituto Nacional de Alimentos de Argentina (ANMAT).	Administrar Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica para proteger a la población.

Tabla 1. Oficinas de interés dentro del Gobierno Argentino.

Las entrevistas permitieron precisar información sobre planes existentes en caso de ERALS, soluciones prioritarias y de relación costo-beneficio adecuado, el sistema de gestión de riesgo de Argentina, características geográficas, económicas y sociales del país, así como sus capacidades de producción de alimentos.

Efectos de un ERALS en Argentina

En caso de ocurrencia de un ERALS en el país, los efectos variarán en función de la magnitud del evento medido en la concentración de material particulado en la atmósfera. Por ejemplo, variaciones de entre 5 y 150 Tg de material particulado en la atmósfera generarían variaciones en la temperatura promedio de entre 0.5 y 15°C respectivamente (Harrison et al., 2022) (Xia et al., 2022).

En un escenario de 150 Tg, Argentina se enfrentaría a afectaciones graves al medio ambiente, al suministro de agua y una pérdida importante en el rendimiento agrícola de hasta el 73% que, a partir de los dos años tras la ocurrencia de la catástrofe y sin tomar ningún tipo de medidas, podría generar la muerte por hambruna de más de un millón de ciudadanos argentinos (Xia et al., 2022).

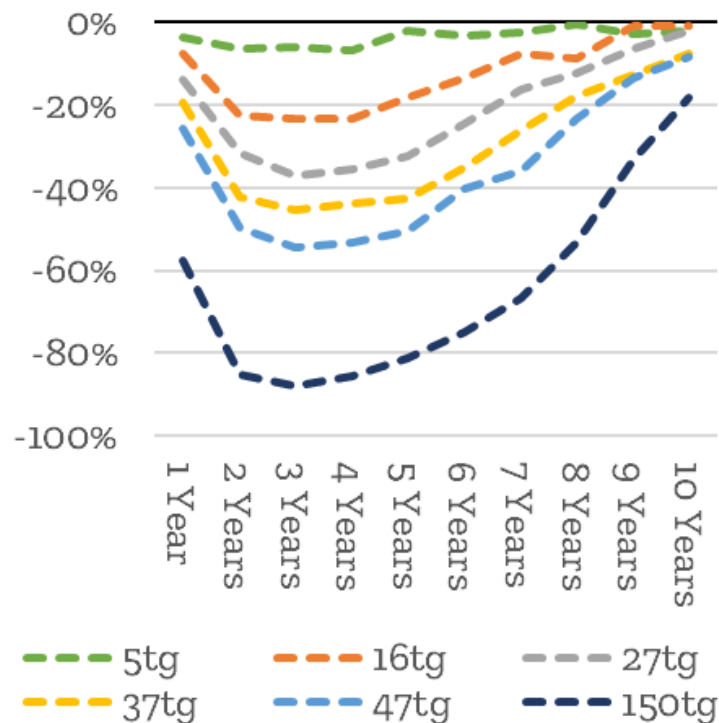


Imagen 1. Disminución de la producción calórica global si no hubiera medidas de respuesta, estimaciones a lo largo del tiempo en diferentes magnitudes de invierno nuclear (Xia et al., 2022).

Estos efectos potenciales ponen en manifiesto la importancia de crear el primer plan para la gestión del riesgo de ERALS en el país, con la finalidad de mitigar al máximo las fatalidades

teniendo en cuenta el esquema de manejo actual de las emergencias y mediante la implementación de soluciones y propuestas que se desarrollarán en los siguientes apartados.

Gestión del riesgo en Argentina

Para entender cómo podría desarrollarse un plan de gestión del riesgo para ERALS en Argentina, es necesario comprender el funcionamiento de las instituciones en la materia y los planes formulados para otro tipo de riesgos que pueden servir como base para una correcta formulación de los mismos y asignación de responsabilidades.

Actualmente, la estructura institucional para el manejo de emergencias depende en esencia de la Ley 27.287 de 2016 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SINAGIR), adoptado en el marco de SENDAI 2015-2030 al que se suscribió el país y que sustituye el marco de Hyogo. Este sistema involucra a todos los actores gubernamentales y no gubernamentales en la gestión del riesgo y crea el Consejo Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil como la instancia superior de decisión, articulación y coordinación de los recursos del Estado nacional (ver entrevista Silvia La Ruffa, [Apéndice 3](#)).

Este Consejo lo preside el jefe de Gabinete y se conecta con otras cinco dimensiones del sistema que tienen como punto en común la Secretaría Ejecutiva del SINAGIR. Los cinco ámbitos son (i) el Ministerio de Seguridad, que reúne las protecciones civiles de las 24 jurisdicciones subnacionales, (ii) una red de los organismos científicos técnicos coordinados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, (iii) un registro de organizaciones de la sociedad civil que dio como resultado la organización vía los decretos reglamentarios de un consejo para las organizaciones de la sociedad civil, (iv) un consejo consultivo y (v) otro consejo consultivo para el sector empresarial (entrevistas a Claudio Schbib y Silvia La Ruffa, [Apéndice 3](#))

El Consejo Nacional aprueba un plan quinquenal que se denomina Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD) y que en la actualidad tiene vigencia 2018-2023. Este plan se crea a partir de un proceso en el que participan el gobierno nacional, los gobiernos provinciales y locales, las organizaciones de la sociedad civil, universidades, sector empresarial, representantes de los poderes legislativos, especialistas y ciudadanía en general. Y también, por supuesto, los organismos científico-técnicos que son el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional del Agua, el Instituto Nacional de Previsión Sísmica, el Servicio Geológico Marítimo (que incluye el Observatorio de Actividad Volcánica), la Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA), entre otros. Las instituciones participantes del SINAGIR deben operar de conformidad con el PNRRD.

A estos actores se les consulta sobre diferentes ejes temáticos previamente seleccionados, donde se incluyen amenazas meteorológicas, geodinámicas, volcánicas, tecnológicas, terremotos, incendios forestales, entre otros.

Fundamentados en las funciones del SINAGIR, en el proceso de investigación y la entrevista con el Director Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, las instituciones

que estarían en la mejor capacidad de participar en la elaboración de los planes de gestión de ERALS en materia de preparación y respuesta serían ([Apéndice 5b](#)):

Preparación	Respuesta
Ministerio de Economía	Ministerios de Defensa junto con Fuerzas Armadas
Ministerio de Ciencia y Tecnología	Ministerio de Seguridad
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca	Ministerio de Desarrollo Social
Secretaría de Articulación Científico Tecnológica	Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad
Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA) y Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA)	Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil
Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA)	Dirección Nacional de Operaciones de Protección Civil
Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)	Dirección de emergencias agropecuarias compuesta por: (la Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias OMEGA y la Oficina de Riesgo Agropecuario ORA)

Tabla 2. Principales responsables en caso de ERALS en Argentina.

En caso de ocurrencia de ERALS en Argentina, en primera medida se convocaría de manera extraordinaria al Consejo Nacional, y por ley, al Comité de Gestión de Riesgos de Desastres (GIRD), compuesto por representantes del SINAGIR, quienes pueden dar seguimiento a las medidas que contenga un futuro plan de gestión del riesgo ante este evento y comunicar de manera centralizada y efectiva las acciones correspondientes a todos los niveles de la población. A su vez, cada jurisdicción municipal y provincial deberá evaluar sus capacidades de respuesta y articularse eficazmente con las autoridades federales (entrevistas a Silvia La Ruffa y Carlos Ospital, [Apéndice 3](#)); sin embargo, en caso de ser necesario, se puede considerar la declaración de conmoción interior.

En segundo lugar, de acuerdo a las necesidades del evento, se solicita todo el apoyo logístico a la Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias, en lo relacionado con las capacidades militares, y a la Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad (con la Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil) en todo lo relacionado con capacidades de carácter civil (entrevista a Carlos Ospital, [Apéndice 3](#)).

En tercer lugar, se convocaría a la Comisión Nacional de Emergencias Agropecuarias, donde se reúnen las principales asociaciones de productores, gobiernos locales y la Dirección de Emergencias Agropecuarias compuesta por: la Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA) y la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA); es importante resaltar la necesidad de que exista una articulación y mejora de las comunicaciones entre estas dos instancias (entrevista María Estrada, [Apéndice 3](#)). También se resalta la importancia del Fondo Nacional para la Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios (FONEDA) Creado con la Ley 26.509 de 2009, cuyo objetivo es financiar la ejecución del Sistema Nacional para la Prevención y Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios. A través de este fondo se podrían canalizar los planes de producción de alimentos como la relocalización y expansión de cultivos.

Finalmente, es clave mencionar el papel que tendría el Sistema Nacional de Alerta y Monitoreo de Emergencias (SINAME) en el seguimiento y actualización del estado meteorológico antes, durante y después de la catástrofe, ya que éste sistema de información geográfica sirve como herramienta para la gestión del riesgo por parte de diferentes instituciones y hace posible el mapeo y monitoreo de amenazas hidrometeorológicas y el intercambio de información permanente para el seguimiento de potenciales situaciones adversas en el país (entrevista María Estrada, [Apéndice 3](#)).

Ahora bien, considerando que los planes y estrategias de gestión del riesgo actuales no contemplan la ocurrencia de un ERALS, este informe presenta una serie de propuestas prioritarias sugeridas a las instituciones de Argentina para prepararse y responder ante una catástrofe así.

Propuestas de gestión en caso de ERALS

En respuesta a la amenaza que representa un evento de reducción abrupta de la luz solar (ERALS) para la seguridad alimentaria en Argentina y el mundo, se proponen diversas iniciativas y estrategias que buscan garantizar el acceso a alimentos, minimizar los impactos en la producción agrícola y maximizar la disponibilidad de alimentos para el consumo humano. En esta sección detallamos esas posibles propuestas, las cuales han sido elaboradas a partir de las entrevistas realizadas a expertos (ver [Apéndice 3](#)) y de una exhaustiva revisión bibliográfica (ver [Apéndice 4](#)).

Las propuestas de gestión (Ver *Tabla 3*) se han agrupado en dos categorías: Soluciones en materia de **suministro de alimentos y comunicación**, y soluciones asociadas a la resiliencia e incremento de la **producción de alimentos**.

Propuestas de gestión	
Suministro de alimentos y comunicación	
Planes y estrategias para el suministro de agua	Diversificación de fuentes de suministro de agua, reducción de consumo por medio de campañas informativas, y mejoras en el almacenamiento.
Racionamiento y reducción del desperdicio de alimentos	Maximizar la disponibilidad de alimentos y garantizar el acceso a ellos de forma paulatina y controlada.
Apertura comercial y garantías para los productores.	Contemplando los cupos de exportación del país, la apertura comercial sería un estimulante en la agricultura en materia de precios y una necesidad para la importación de suministros agrícolas. Se debe además brindar garantías a los productores como subsidios, compras anticipadas y el acceso al riego e insumos.
Gestión de comunicación	Contar con comunicación asertiva por medio de las entidades correspondientes para reducir el pánico que pudiese ocasionar un evento de esta índole, por medio de la comprobación de que existe un plan de respuesta del país.
Soluciones en producción de alimentos	
Redirección de alimentos usados como materias primas en la producción animal y producción de biocombustibles.	Redireccionar la disponibilidad de alimento que actualmente se utiliza para la crianza de animales y en la fabricación de biocombustibles utilizándolos para el consumo humano, además de usar biomasa vegetal para la alimentación de animales de la industria lechera.
Adaptaciones a sistemas agrícolas para aumentar la producción de alimentos.	Las iniciativas propuestas de acuerdo a la ventaja productora de Argentina son las siguientes: relocalización y aumento de área de cultivos, implementación y aumento de área de invernaderos.
Adaptaciones de la acuicultura para aumentar la producción de alimentos.	Las iniciativas propuestas incluyen la reactivación de la industria productora de algas y el fortalecimiento de la industria pesquera.
Adaptaciones de alta tecnología para aumentar la producción de alimentos.	Las iniciativas propuestas incluyen la redirección de las capacidades industriales de producción de papel y biocombustible a la producción de azúcar, de la industria de alimentos para la obtención de proteínas vegetales y la generación de proteínas de origen unicelular (SCP).

Tabla 3. Resumen de propuestas en caso de ERALS.

1. Suministro de alimentos y comunicación

En esta categoría se encuentran recomendaciones enfocadas en formulación de planes estratégicos como medida preventiva de diversas áreas, como lo es el suministro y racionamiento de agua y alimentos, la implementación de una estrategia de comunicación clara con todos los sectores de la sociedad y como complemento, contar con apertura comercial para la exportación de alimentos y la importación de bienes e insumos.

Las propuestas de la primera categoría incluyen:

- Formulación de planes y estrategias para el suministro de agua a la población.

De acuerdo con Morgan Rivers (Ver [Apéndice 3](#), entrevista con Morgan Rivers), un plan de suministro de agua potable es crucial para asegurar el acceso a agua limpia y segura para beber, cocinar y mantener los servicios de saneamiento, evitando así posibles problemas emergentes relacionados con la salud pública. Adicionalmente, contar con estrategias relacionadas con el suministro de agua ayuda a evitar la especulación de precios, considerando que en situaciones de emergencia como un ERALS, la oferta de agua también puede ser limitada y los precios pueden aumentar significativamente, lo que resultaría un obstáculo para el acceso al recurso para las personas más vulnerables.

Algunas estrategias que se pueden incluir como respuesta ante un ERALS son: 1) la diversificación de fuentes de suministro de agua, como el uso de pozos, ríos, lagos, embalses y la recolección y almacenamiento de agua de lluvia, dependiendo la magnitud del ERALS; 2) la reducción del consumo de agua a través de campañas de comunicación acerca del uso responsable, la implementación de medidas de ahorro en hogares y la promoción de la eficiencia en el uso del agua en la industria y agricultura; y 3) la mejora del almacenamiento de agua con la construcción de más tanques y reservorios para poder contar con una mayor disponibilidad del recurso.

También es importante mencionar que se necesita recurso hídrico para garantizar la producción de alimentos. En este sentido, se necesitará ampliar las zonas de riego (expandir el sistema de riego), garantizar el nivel de los embalses y apoyar financieramente a los agricultores que buscarán comprar sistemas para sus tierras y asegurar la producción (ALLFED, n. d.). Más adelante se ampliará esta idea.

- Planes para el racionamiento interno de alimentos, así como reducir al máximo el desperdicio de alimentos.

Posterior a la catástrofe el racionamiento interno de alimentos puede ayudar a garantizar que todos tengan acceso a una cantidad adecuada de alimentos durante un ERALS, especialmente para las personas más vulnerables. Como complemento al racionamiento, la reducción del desperdicio de alimentos es crucial para asegurar que los alimentos estén disponibles durante el mayor tiempo posible, ya que los suministros son limitados en un ERALS. Las medidas de reducción del desperdicio de alimentos y la utilización de los recursos de manera eficiente son esenciales para maximizar la disponibilidad de alimentos y garantizar que todos tengan acceso a ellos.

- Mantener la apertura comercial y dar garantías a los productores.

Es necesario mantener la apertura comercial para el beneficio mutuo de los países en caso de un ERALS (Ver [Apéndice 3](#), entrevistas con Dr. Denkenberger y Dr. Boyd). Al haber un aumento en los precios de los alimentos, la apertura comercial puede funcionar como un estimulante al aumento de la producción, tomando en consideración los cupos de exportación; además de permitir al país la compra de insumos y materiales de origen extranjero y que serán fundamentales para la implementación de soluciones.

Desde el punto de vista comercial los principales socios de Argentina son Brasil, China, USA y Chile (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina -INDEC, Informe anual 2020). La exportación de alimentos representa la mayor fuente de ingresos (Banco Central de la República Argentina -BCRA, informe 'Balanza Comercial de Bienes y Servicios', año 2020), lo cual demuestra la importancia de mantener la apertura comercial para la producción y venta de excedentes en caso de un ERALS en la cooperación internacional especialmente en la región y como un estimulante a la economía.

En cuanto a las importaciones de estos cuatro países proviene en gran medida insumos para la elaboración de plásticos que serán necesarios para los planes de ampliación de infraestructura agrícola, además de maquinaria, tecnologías e insumos agrícolas que serán fundamentales para el despliegue de las soluciones de producción de alimentos que contribuyan con la mitigación de un eventual ERALS.

→ *Considerar subsidios a los agricultores.*

Debido a las dificultades de acceso a los recursos e insumos necesarios para la producción de alimentos tras la ocurrencia de un ERALS, los agricultores pueden enfrentar mayores costos de producción y enfrentarse a la necesidad de adoptar nuevas prácticas agrícolas (Ver [Apéndice 3](#), entrevista con Michael Hinge). Por este motivo, la generación de subsidios ayudaría a aliviar los costos económicos asociados con la producción de alimentos en un ERALS y, por lo tanto, asegurar que se mantenga un suministro adecuado para la población. Estos subsidios también pueden amortizar los costos que surjan en los procesos de tecnificación necesarios en la catástrofe. Se sugieren algunas medidas como implementar incentivos para reducir el desperdicio de

alimentos en los procesos de producción y disponer de apoyos económicos para la adopción de nuevos cultivos tolerantes al frío.

- Considerar la compra anticipada de producciones a los agricultores por parte del Estado.

En un ERALS, debido a los cambios en las temperaturas y las precipitaciones, la producción de alimentos se ve gravemente afectada, por lo que una de las principales necesidades a garantizar para la población es la producción de alimentos. No obstante, así como se ven afectados los temas climáticos y agrícolas e industriales, también se ven afectados sus mercados y precios.

Debido a que habrá una disminución en la producción global, los precios de los alimentos aumentarán y el acceso a estos será menor para las personas (entrevista Michael Hinge, [Apéndice 3](#)). Una de las maneras para mitigar la subida de los precios y garantizar este acceso consiste en garantizar la compra anticipada de producciones a los agricultores tras la ocurrencia del ERALS, pues se le da certeza a estos y al mercado de unas condiciones mínimas que se traducen igualmente en estabilidad en los precios.

El propósito es que, en un ERALS, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca pueda garantizar un precio mínimo de venta para la producción de los agricultores, lo que les proporcionaría seguridad financiera al reducir su riesgo económico y otorgaría a los agricultores argentinos el capital necesario para invertir y mejorar sus procesos productivos durante la ocurrencia del escenario. Sería fundamental que el gobierno simultáneamente asegurara la asequibilidad del alimento, en particular para las poblaciones más económicamente desfavorecidas.

Además, puede ser beneficioso para el Estado como plan de preparación, ya que le permite planificar y garantizar el suministro constante de alimentos para la población en caso de una crisis; al adquirir la producción de los agricultores con anticipación, el Estado puede asegurarse de que los alimentos estarán disponibles para la población durante un tiempo y a precios razonables.

- Garantizar el acceso de los productores a agua de riego y agro insumos necesarios.

Según datos del INTA, de las 45 millones de hectáreas fácilmente cultivables en el país sólo el 12% cuentan con infraestructura dedicada al riego, por lo que resulta necesario aumentar las capacidades para garantizar el acceso al riego en los diferentes distritos y alcanzar una cobertura cercana al total de las hectáreas fácilmente cultivables.

Como complemento, de acuerdo con la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP), el consumo para el año 2020 de fertilizantes fue de 5 millones de toneladas,

mientras que la producción interna alcanzó las 2.3 millones de toneladas teniendo cerca de un 50% de cobertura. Durante un ERALS, podría ser necesario el aumento en estos suministros locales para mantener suficiente abastecimiento.

Por estas condiciones, se requiere del fortalecimiento de la industria petroquímica nacional y de la importación de altos volúmenes de estos agroinsumos donde en el caso de los fertilizantes *fosfatados* se deben fortalecer las alianzas comerciales con países cercanos como Perú, y, en el caso de los *nitrogenados*, de Brasil y Estados Unidos.

- Estrategia clara y centralizada en materia de comunicación, para evitar el pánico en la población mediante la difusión del plan de manejo de la emergencia en caso de ERALS.

Dado que la población general suele desconocer cómo actuar en caso de un ERALS, será necesario contar con una estrategia de comunicación antes y después de la catástrofe. El gobierno de Argentina puede iniciar informando sobre los ERALS en los manuales de Gestión del Riesgo generados por el SINAGIR, y dando a conocer al público los planes de respuesta a medida que se desarrollen.

Posterior a la catástrofe, es importante que cualquier comunicación se dé en un lenguaje claro y sencillo con el fin de aumentar la confianza del público en el gobierno y en sus capacidades de respuesta (Ver [Apéndice 3](#), entrevista con Morgan Rivers), así como la cooperación con mayoristas y minoristas, para evitar:

- ❖ Pánico colectivo.
- ❖ Acaparamiento de alimentos e insumos y especulación de precios.
- ❖ Desperdicio de alimentos.

Dentro de las acciones de respuesta, además de la estrategia para el público general, será necesario llevar a cabo programas de divulgación específicos para ayudar a los agricultores con los nuevos cultivos e informarles sobre las condiciones de crecimiento de los cultivos en las siguientes temporadas, utilizando modelos precisos de las condiciones climáticas en los próximos años de cosecha una vez que se conozca la dimensión del desastre (ALLFED, n. d.). Estos programas de divulgación e información a los agricultores pueden estructurarse a partir de las estrategias actuales del gobierno Argentino para que las provincias desarrollen habilidades de adaptación al cambio climático, las cuales fueron mencionadas por Silvia La Ruffa (Ver [Apéndice 3](#)).

2. Soluciones en producción de alimentos

En esta categoría se encuentran las propuestas asociadas a la producción de alimentos resilientes, junto con diversas alternativas como la redirección para uso humano de alimentos de uso animal y la detención de producción de biocombustibles. En la imagen 2. se muestra la necesidad de estas adaptaciones, puesto que la mitad de la producción global de alimento se dedica a la producción de productos animales y biocombustibles.

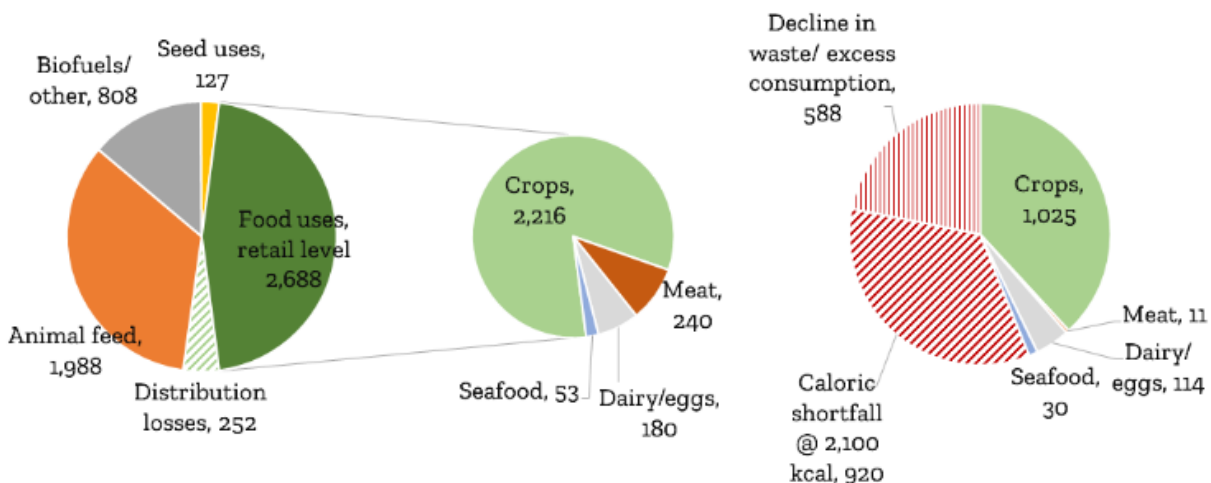


Imagen 2. Producción alimentaria global antes (izquierda, ~5,600 kcal/cápita) y después (derecha, ~1,200 kcal/cápita, 3er año) de un ERALS severo. Sin aplicar adaptaciones, el 80-90% de la producción mundial de alimentos se perdería en el periodo inicial de un invierno nuclear (150 Tg), quedando por debajo de las necesidades directas de la población.

Redirección de alimentos usados como materias primas en la producción animal y producción de biocombustibles.

- Redirección de los alimentos usados en la alimentación animal al consumo humano, limitando la reproducción animal y aumentando las capacidades de sacrificio y conservación de las proteínas animales.

Esta iniciativa busca maximizar la disponibilidad de alimentos durante un ERALS, ya que, en lugar de alimentar a los animales con productos que podrían ser destinados al consumo humano, estos podrían ser redirigidos directamente a la alimentación de los seres humanos.

Además del redireccionamiento de alimentos, detener los nuevos nacimientos de animales para cría es una medida preventiva para conservar los limitados recursos alimentarios. El aumento de la capacidad de sacrificio animal y conservación de las proteínas animales existentes podría asegurar que los recursos disponibles sean utilizados de manera eficiente y se mantengan por períodos más prolongados. La imagen 3 muestra cómo detener la crianza de animales liberaría gran cantidad de alimento rápidamente, al reducir la cantidad de calorías dedicadas a la producción de carne y biocombustibles estimadas ~15,000 kcal/cápita/día (para comparar, el requerimiento de una persona es 2,100 kcal/día).

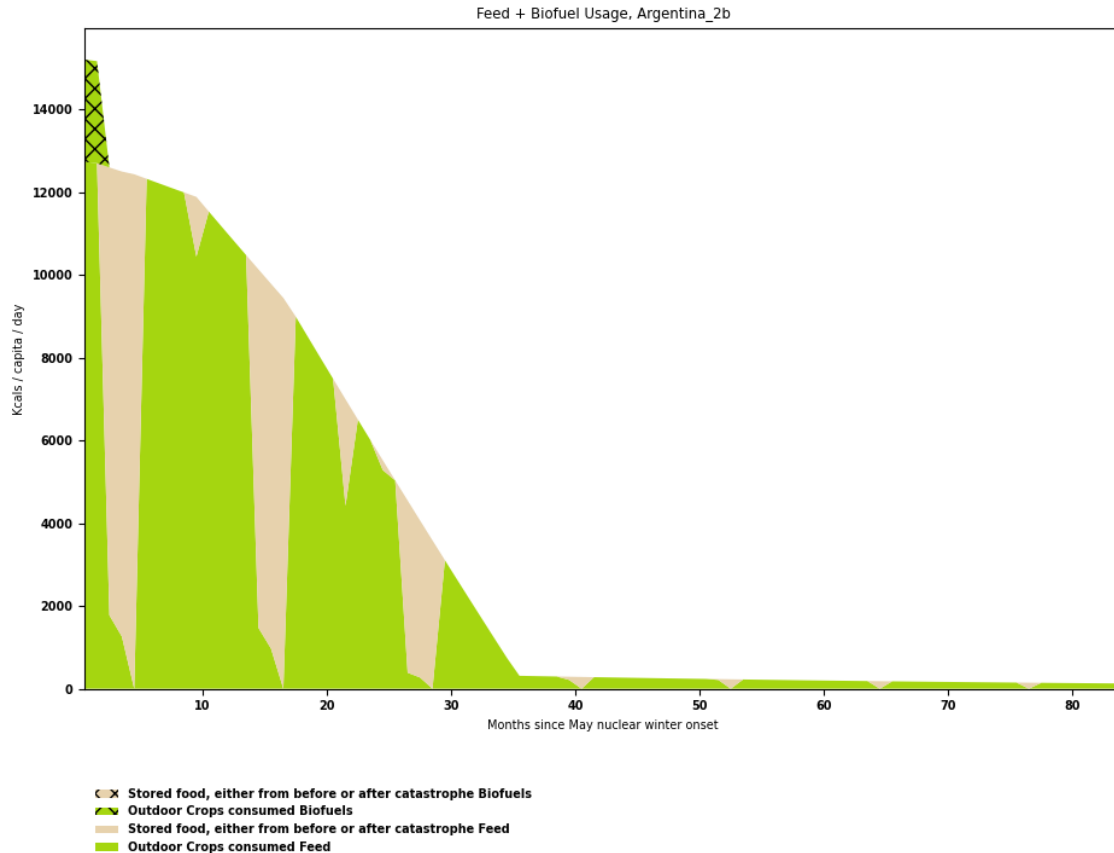


Imagen 3. Efecto en el tiempo de detener la crianza de animales para consumo humano en la reducción de alimento de diversas fuentes dedicado a consumo animal, que pasaría a disponibilidad para consumo humano.

Para implementar esta iniciativa, se sugiere identificar los tipos de alimentos utilizados en la alimentación animal que podrían ser redirigidos al consumo humano, establecer los procedimientos necesarios para garantizar que estos alimentos sean seguros para el consumo humano y establecer regulaciones de control de la población animal para evitar que demanden recursos necesarios en una condición de disminución en la producción de alimentos como un ERALS.

- Fortalecimiento del sector productivo de lácteos haciendo uso de los residuos agrícolas como alimento.

Se propone el uso de biomasa vegetal como fuente de alimento para el ganado lechero, la cual puede ser obtenida de fuentes como residuos de alimentos y cosechas, entre otros. Esto reduce la dependencia de la producción de alimentos para el ganado de cultivos que dependen de la luz solar, como pastos y forrajes, los cuales son inviables en un ERALS.

Para implementar esta iniciativa, se debe brindar capacitación y asistencia técnica a los productores de lácteos en cómo implementar una transición a dietas más centradas en biomasa vegetal como residuos agrícolas y pastos para alimento para el ganado lechero,

además de considerar aspectos como la evaluación de la calidad de los alimentos producidos en esta industria y el establecimiento de políticas para el incremento del uso de estos materiales y limitar las áreas de cultivo para alimentos destinados exclusivamente al consumo humano.

- Redirección de alimentos usados en la producción de biocombustibles a la alimentación humana, justificada en la inviabilidad de mantener esta industria competitiva ante un eventual aumento de los precios de las materias primas requeridas (soja y maíz).

En caso de emergencia tomando en consideración la ética y competitividad de la industria de biocombustibles en un escenario de este tipo se hace necesaria la suspensión de actividades para la redirección de las materias primas como maíz y soja para contribuir con la seguridad alimentaria nacional a través de la utilización de estos alimentos para el consumo humano. Sin embargo, se debe mantener suficiente producción de combustible para un funcionamiento adecuado de las infraestructuras críticas, sea cual sea su origen.

Para implementar esta iniciativa, es necesario identificar los alimentos utilizados en la producción de biocombustibles que cuenten con un aporte calórico considerable y resulten viables para el consumo humano, así como establecer una cadena de suministro para su distribución.

Adaptaciones a sistemas agrícolas para aumentar la producción de alimentos.

- Relocalización de cultivos.

En un ERALS, la disminución de la temperatura será particularmente dura para los cultivos que no se adaptan al frío. Tomando en cuenta los cambios en las regiones bioclimáticas ante diversos escenarios de reducción de la luz solar y las necesidades agroclimáticas de cada uno de los cultivos con principal aporte calórico. En caso de emergencia será necesario realizar la relocalización a menor latitud de cultivos tolerantes al frío como papa, trigo y variedades provenientes de latitudes altas de maíz, para mantener los rendimientos de zonas actuales que son sembradas con cultivos de temperaturas más altas y no son aptos en estas condiciones. Sin embargo, será necesaria mayor investigación y generación de modelos de simulación con experimentos del comportamiento de las variedades vegetales mencionadas bajo condiciones climáticas de ERALS como son la baja irradiancia y las bajas temperaturas, así como del uso de invernaderos en estas condiciones. (entrevista Mariana Antonietta, [Apéndice 3](#)).

Según la información disponible (ALLFED, n. d.), la relocalización debe ocurrir de manera continua desde la ocurrencia de un ERALS, ya que las peores consecuencias de la catástrofe pueden llegar en un lapso de 2 a 3 años, considerando que la reducción abrupta de luz solar si se verá afectada a solo unos meses de la detonación, por lo que será un desafío y tomará tiempo replantar grandes áreas de cultivo.

- *Aumento de área de cultivo.*

En la actualidad según el Censo Nacional Agropecuario de 2018 (INDEC Argentina, 2021) Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina cuenta con cerca de 154 millones de hectáreas de explotación agropecuaria, de las cuales 43 millones se consideran fácilmente cultivables desde el punto de vista de infraestructura y conectividad. Las 112 millones de hectáreas restantes requerirán mayores adaptaciones e inversiones para cultivo debido a su uso en otras áreas agropecuarias. Durante el año 2020 fueron explotadas cerca de 37 millones de hectáreas en el país (CEP XXI & MAGyPN, 2020).

Debido al aporte calórico fundamental de los cultivos a cielo abierto, en caso de emergencia se hace necesario aumentar las áreas de los mismos de las 37 millones de hectáreas en producción actualmente, para suplementar las pérdidas en los rendimientos asociadas a un ERALS e incrementar la producción. Este incremento debe cubrir inicialmente las áreas de cultivo fácilmente utilizables equivalentes a 43 millones de hectáreas y en el mediano plazo evaluar la viabilidad de una ampliación en las hectáreas que requieren mayores adaptaciones y que podrían implicar procesos de desmonte y deforestación, tomando en consideración la ética y cuidado del medio ambiente.

- *Aumento del área de cobertura de invernaderos de baja tecnología.*

Considerando que las condiciones de temperatura son la principal limitante para los cultivos durante un ERALS, los invernaderos resultan una solución viable, de rápida y fácil construcción, ya que elevan las condiciones de temperatura, pudiendo mejorar los rendimientos y la diversidad de cultivo. Para contribuir considerablemente a la seguridad alimentaria en un ERALS, el despliegue de invernaderos debe ser rápido, rentable y a gran escala; adicionalmente, es importante contar con una producción suficiente de los materiales necesarios para la construcción, para permitir un despliegue masivo.

En caso de emergencia se recomienda un aumento exponencial del área de cobertura de invernaderos de baja tecnología en 360 veces durante los primeros 2 años pasando (Alvarado et al., 2020a) de 6500 hectáreas cubiertas en la actualidad a cerca de 2.3 millones de hectáreas. Los invernaderos deben estar adaptados según las condiciones de las 5 regiones del país, algunas de estas adaptaciones incluyen la ventilación, mediciones y controles de temperatura en función de los cultivos, controladores de humedad, riego de precisión, además de tomar en consideración las características técnicas contempladas en los manuales del INTA, como inclinación del terreno, forma y pendiente de la cubierta, régimen de vientos, precipitaciones y granizo (Lenschak & Iglesias, 2019).

Adaptaciones de la acuicultura para aumentar la producción de alimentos.

- Fortalecimiento y rehabilitación de la industria nacional de producción de algas (Escenarios menores a 50 Tg), con áreas de cultivo de al menos 10.000 hectáreas.

Aunque la industria de producción de algas en Argentina tuvo un momento álgido en los años 60 y 70, cuando superó la producción 30.000 toneladas de algas húmedas por año, las cifras cayeron drásticamente, y la producción actual es prácticamente nula (entrevista Fernando Dellatorre, [Apéndice 3](#)). En caso de emergencia para poder considerar la producción de algas como una solución potencial en un ERALS, es necesario rehabilitar la industria; esto se recomienda previo al desastre (entrevista Florian Ulrich, [Apéndice 3](#)), además de generar un beneficio en la situación actual del país. A nivel internacional, existe interés comercial en varias algas de la Patagonia, lo que podría potenciar la industria.

Según Fernando Dellatorre, Argentina tiene acceso al conocimiento técnico, pero falta personal cualificado y equipamiento, especialmente cuerdas. De acuerdo con esto, para escalar la producción de algas, se debe contar con la asesoría de expertos en el área y considerar, al menos, los siguientes puntos: el stock inicial, la cantidad de cuerdas disponibles, la tecnología eficiente para secarla y la posibilidad de automatizar el cultivo (entrevista Florian Ulrich).

Adaptaciones de alta tecnología para aumentar la producción de alimentos.

- Redirección de las capacidades industriales en áreas como pulpa de papel y biocombustibles para la generación de azúcares a partir de biomasa vegetal.

Esta iniciativa se justifica en la inviabilidad de mantener activa la industria de biocombustibles en un escenario de emergencia de aumento de los precios de las materias primas requeridas, como la soja y el maíz. Considerando esto, se busca aprovechar las capacidades ya existentes en la industria argentina para generar azúcares a partir de biomasa vegetal (azúcar lignocelulósica), como reconvertir la infraestructura de biocombustibles para transformar así los residuos agrícolas de la producción de maíz, o la infraestructura papelera para transformar pulpa de papel también en azúcares.

Para ello, se recomienda realizar una evaluación de las capacidades industriales existentes en la producción de biocombustibles en Argentina, para determinar su potencial en la producción de azúcares a partir de biomasa vegetal; esta evaluación debe considerar aspectos como la calidad y cantidad de la biomasa, la eficiencia de los procesos de producción y la capacidad y rentabilidad de adaptación de la industria a las nuevas condiciones. Además, es necesario fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías que permitan la producción eficiente de azúcares a partir de biomasa vegetal.

- Aplicar las capacidades industriales del país para la producción de alimento basado en proteína unicelular a partir de materias primas no comestibles.

Actualmente existe gran cantidad de métodos de producción de proteína unicelular (SCP por sus siglas en inglés, *single cell protein*), que en comparación con los cultivos no se ve limitada por las condiciones ambientales, produce un flujo constante de productos finales sin tener que esperar a un ciclo de cosecha completo, y puede responder con flexibilidad a los tiempos de inactividad y las interrupciones sin poner en peligro toda una cosecha. Estas se pueden obtener

de varias materias primas diferentes, como gas natural, biogás, CO₂, parafinas, metanol y material celulósico, por ejemplo, residuos vegetales, madera y hojas.

Ante una emergencia en un ERALS, estas tecnologías podrían servir para múltiples propósitos: asegurar el suministro de piensos necesarios para apoyar a los criadores de peces, pollos y cerdos dada la presión sobre los piensos convencionales, ser utilizadas como ingredientes alimentarios para el consumo humano directo para contrarrestar las reducciones del rendimiento agrícola, y servir como alimento o pienso de exportación para las regiones gravemente afectadas.

- Redireccionar las capacidades industriales del sector privado en el procesamiento de alimentos para la obtención de proteínas de origen vegetal.

El sector privado puede contribuir significativamente en un ERALS mediante la inversión en investigación y desarrollo de tecnologías y prácticas que permitan una producción de alimentos más resiliente. En un escenario de reducción abrupta de la luz solar, la producción de carne y otros productos de origen animal podría verse afectada debido al elevadísimo precio del alimento para el ganado, lo que provocaría una disminución en la disponibilidad de proteínas de origen animal.

En ese sentido, esta iniciativa propone que durante la emergencia se redirija las capacidades, instalaciones y recursos de la industria de alimentos para el aprovechamiento y procesamiento de proteínas de origen vegetal, que puedan ser utilizadas como alternativa a las proteínas animales. La industria privada debe participar de la preparación y respuesta a un posible ERALS, su colaboración y compromiso pueden marcar la diferencia entre una situación de hambruna y una producción de alimentos suficientes y variados para hacer frente a una crisis alimentaria global.

Resultados de las adaptaciones

Para evaluar la efectividad de las soluciones propuestas se han realizado estimaciones con diversos escenarios ante eventos de gran magnitud (150 Tg). Los detalles del modelo elaborado en colaboración con ALLFED pueden consultarse en el ([Apéndice 6](#)). Se plantean cuatro escenarios donde se evalúan las calorías per cápita disponibles a lo largo de los meses posteriores a un ERALS para ejemplificar el efecto de las adaptaciones.



Imagen 4. Leyenda para modelo escenarios 1 a y b, 2 a, b, c y d.

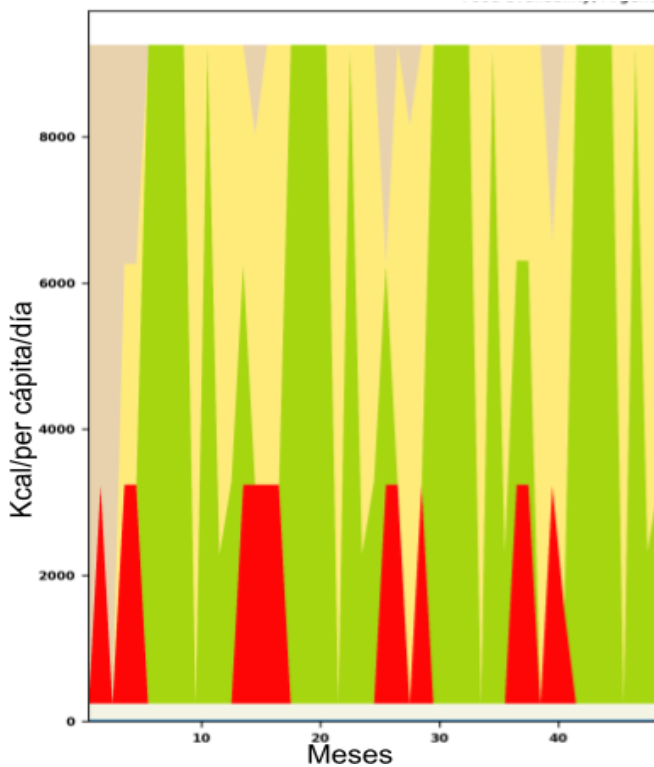


Imagen 5. Escenario 1a: representa la **producción actual neta** de alimentos en Argentina.

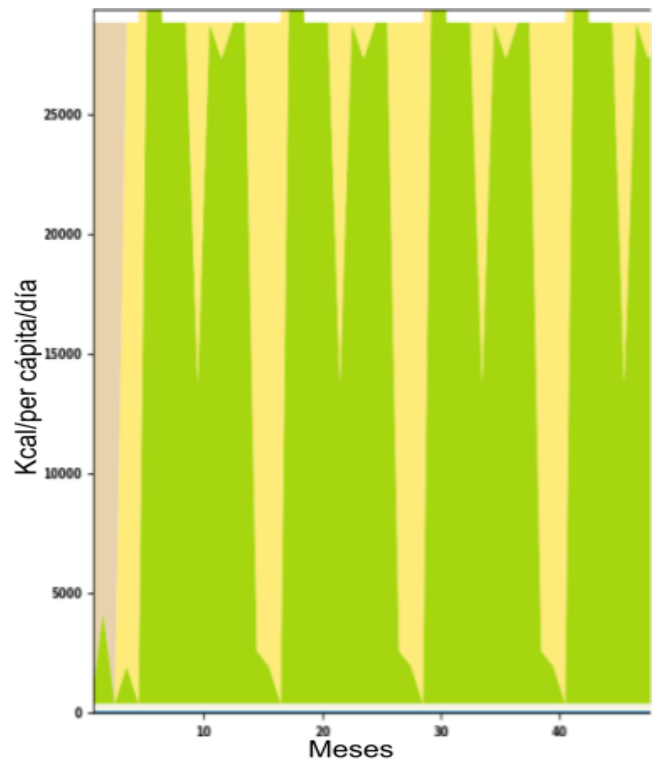


Imagen 6. Escenario 1b: representa la **producción actual bruta** de alimentos en Argentina, esto es, la cantidad total de alimento que se produce, antes de que algunos de estos alimentos se transformen en carne animal y biocombustibles.

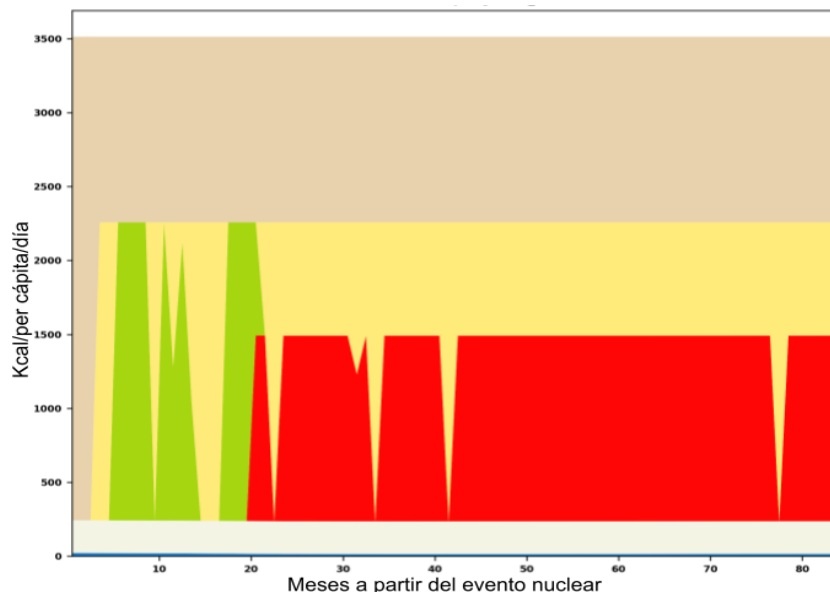


Imagen 7. Escenario 2a: representa la producción actual neta de Argentina en un escenario dentro de las condiciones climáticas de un ERALS severo (150 Tg), con la consecuente pérdida de rendimiento agrícola, con una gestión óptima del alimento almacenado pero ninguna otra adaptación, manteniendo el nivel actual de producción de carne animal y de biocombustibles.

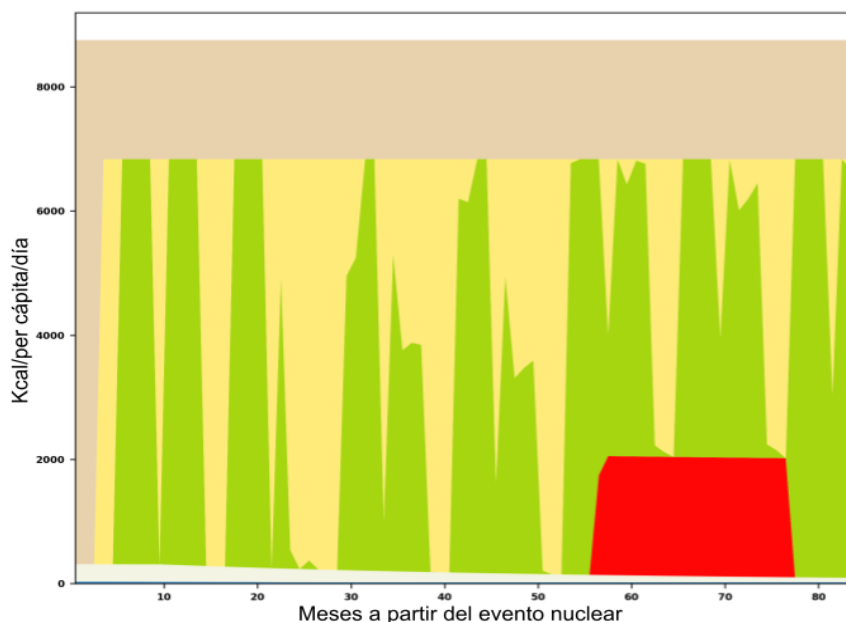


Imagen 8. Escenario 2b: representa la producción de Argentina en ERALS si se redirigiese el alimento que utilizan las industrias ganadera y de biocombustibles para consumo humano. La comparación con el escenario 1a muestra cómo el ERALS ha reducido a menos de la mitad los cultivos utilizables para alimento en Argentina. La comparación con el escenario 2a muestra cómo reducir estas industrias puede aumentar la disponibilidad alimentaria a casi el triple.

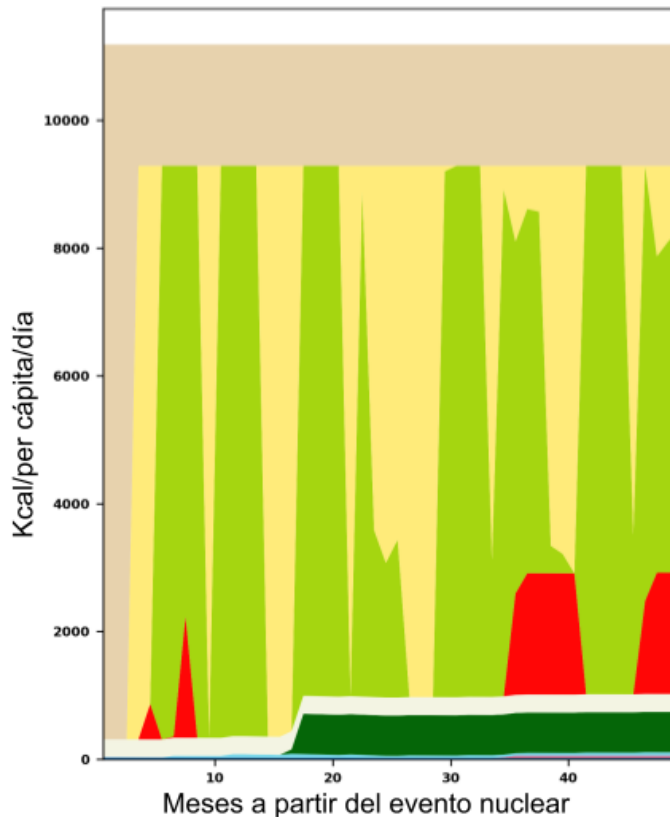


Imagen 9. Escenario 2c: es equivalente al escenario 2b, pero con la adición de **adaptaciones de producción de alimentos resilientes**, con el consecuente aumento de la producción y disponibilidad alimentarias. Muestra cómo soluciones alimentarias como la relocalización de cultivos, producción de algas y alimentos resilientes industriales pueden aumentar la disponibilidad alimentaria notablemente.

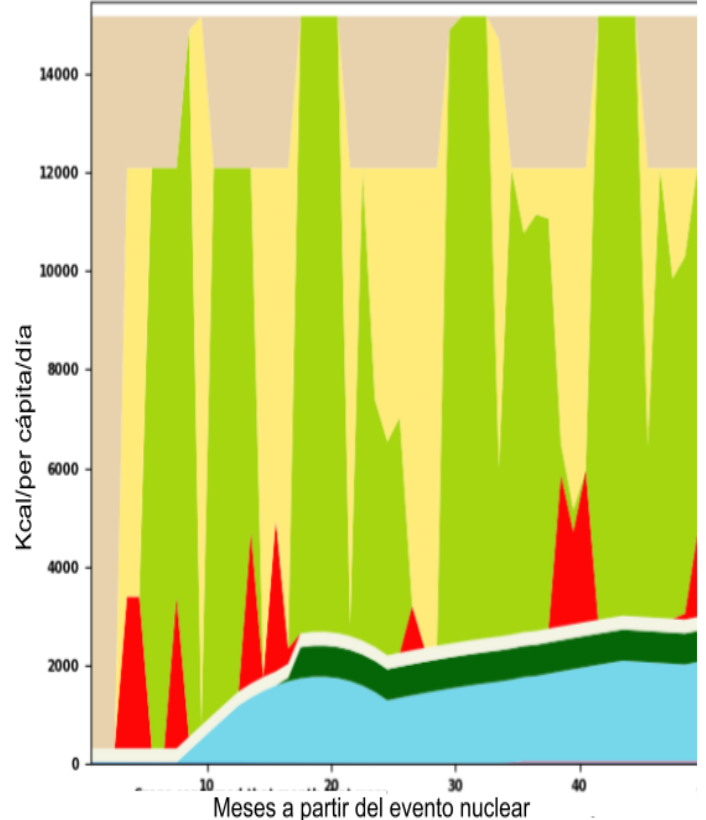


Imagen 10. Escenario 2d: es un escenario de **adaptaciones más intensivas** que 2c, incluyendo un **despliegue significativo de invernaderos** (cubriendo toda el área irrigada actual), y un **aumento muy significativo de la tierra cultivada** equivalente a plantar adicionalmente la mitad del área de uso agrícola que actualmente se dedica sólo a pasto (total 72 millones de hectáreas cultivadas, asumido a lo largo de 3 años).

Tomando en consideración los resultados obtenidos de los escenarios anteriores se puede analizar en porcentajes la satisfacción de las necesidades calóricas de la población Argentina en un escenario sin ERALS como el 1 (Imágenes 5 y 6) donde la producción bruta es más de 10 veces las necesidades calóricas de la población, en caso de ERALS **si no se realizan adaptaciones** en la producción de alimentos la producción bruta satisface 4 veces la población (Imagen 8), pero la producción neta sería apenas suficiente para cubrir las necesidades mínimas de la población actual (si se mantuviera la producción de biocombustibles y animales) (Imagen 7), lo que **dispararía los precios y aumentaría notablemente la inseguridad alimentaria** de la población. **Con las adaptaciones de los escenarios 2c (Imagen 9) y 2d (Imagen 10) puede elevarse la producción bruta a entre 5 y 7 veces la cantidad que**

necesita la población. Es interesante notar también que **sin manejo adecuado de los stocks alimentarios** (racionamiento, reducción del desperdicio, etc), la cantidad producida en el escenario 2a (*Imagen 7*) **no sería suficiente para alimentar a la población Argentina**, según el reciente estudio en *Nature Food* (*Xia et al., 2022b*).

Estos valores mayores al 100% que se traducen en la satisfacción de las necesidades calóricas de la población actual Argentina demuestran que es posible alimentar a poblaciones mayores en caso de ERALS mediante las exportaciones de excedentes que pueden salvar de la hambruna a hasta casi **300 millones de personas** (*Imagen 11*). Esto ayudaría a mantener el comercio de importaciones clave para el mantenimiento de infraestructura crítica de Argentina y a reducir el riesgo de crisis de refugiados y conflicto.

Número de personas alimentadas (2100 calorías diarias/persona)

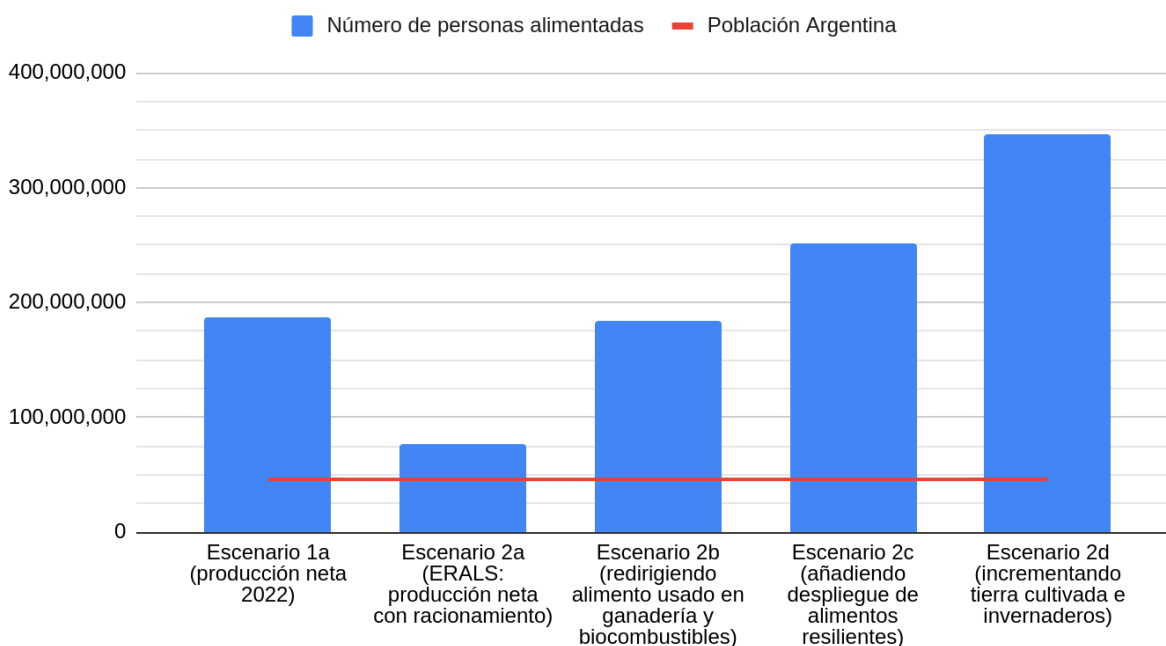


Imagen 11. Número de personas alimentadas para cada escenario de modelación.

Para la alternativa que presenta mayores impactos en la producción calórica que es la expansión de zonas de cultivo se muestra una estimación de cuánto se podría aumentar la producción agrícola de Argentina a diferentes grados de expansión del área cultivada durante escenarios de diversos niveles de severidad (*Imagen 12*). Nótese que se asume una caída fija en el rendimiento por hectárea de Soja, Maíz, Trigo, Papa, y Avena tomadas de las estadísticas de la FAO ([Apéndice 7](#)). Sin embargo, en escenarios de ERALS las caídas de rendimiento serían variables, por ejemplo mayores para cultivos sensibles al frío como soja y maíz que para cultivos con mayor resistencia como papas, trigo y avena. En la actualidad estos cultivos representan cerca de 31 millones de hectáreas. en el segundo escenario se expande al área

fácilmente cultivable de 43 millones de hectáreas y finalmente en el tercero al área total de cultivo y pastoreo mediante adaptaciones mayores de 108 millones de hectáreas (Ritchie & Roser, 2013); tomando en consideración la disminución en la producción ante diferentes magnitudes de eventos de ERALS de entre 5 y 150 Tg de la información suplementaria de (Xia *et al.*, 2022b) para el peor momento del escenario hacia el segundo año.

De lo anterior se obtiene el aporte calórico total de la producción de cada cultivo de interés que en conjunto permite obtener la equivalencia en Kcal per cápita tomando en consideración el redireccionamiento de los alimentos usados para la alimentación animal y producción de biocombustibles al consumo humano y un requerimiento de no menos de 2100 Kcal por día por persona para la población del país.

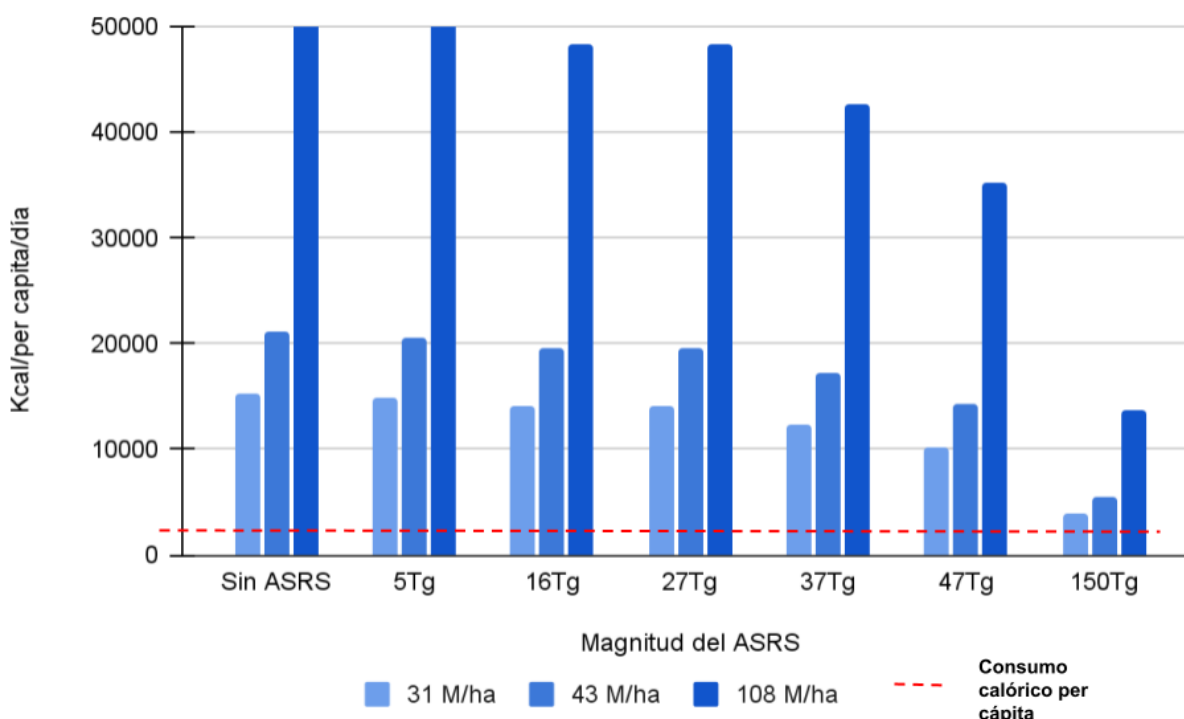


Imagen 12. Kcal per cápita en función del aumento del área de cultivo en Arg ante diferentes magnitudes de ERALS, la línea roja punteada representa el consumo calórico per cápita equivalente a 2100 Kcal por día.

Al tomar en consideración la cobertura de los requerimientos calóricos de la población Argentina es posible estimar los excedentes en la producción que pueden destinarse al comercio internacional y generar un gran impacto ante la crisis generada en un ERALS que en el mejor de los casos utilizando el área de 108 millones de hectáreas generaría una producción calórica suficiente para alimentar entre 6 y 22 veces la población del país dependiendo de la gravedad del escenario y en un escenario más conservador usando las hectáreas fácilmente cultivables 43 millones de hectáreas de entre 2 y 8 veces la población (Imagen 13).

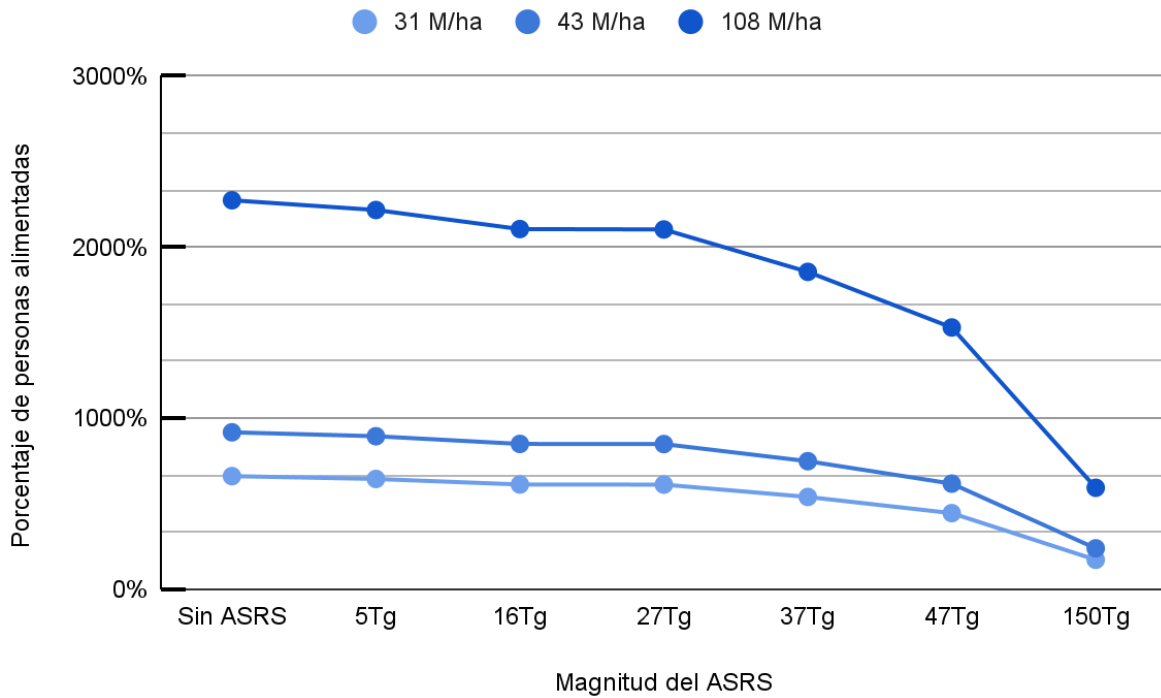


Imagen 13. Porcentaje de personas alimentadas en relación a la población argentina tomando en cuenta la ampliación de las zonas de cultivo ante diferentes magnitudes de ERALS.

Relación de responsables

Para la implementación de las propuestas de suministro y comunicación, se hace uso del mapeo de actores realizado y de las entrevistas, se identifican las instituciones principales para cada una de ellas (Ver Imagen 14). La relación completa de iniciativas y actores incluyendo expertos internacionales, nacionales y diversos grupos de interés puede verse con mayor detalle en el [Apéndice 5a](#).

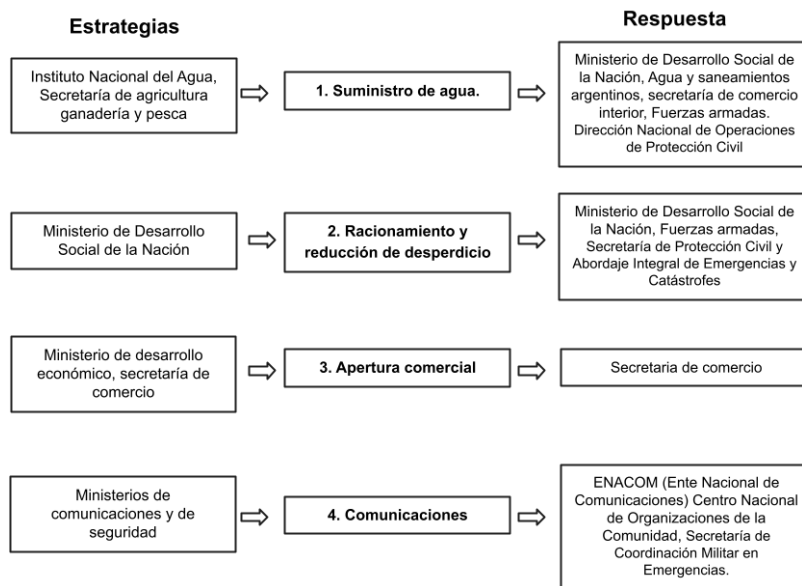


Imagen 14. Entidades principales durante la planeación y respuesta de la categoría 1 de propuestas en materia de Suministro de alimentos y comunicación.

Para la implementación de estas soluciones en producción de alimentos se usa como base el mapeo de actores realizado y de las entrevistas, se identifican las instituciones principales para cada una de ellas (Ver Imagen 15). La relación completa de iniciativas y actores incluyendo expertos internacionales, nacionales y diversos grupos de interés puede verse con mayor detalle en el ([Apéndice 5a](#)).

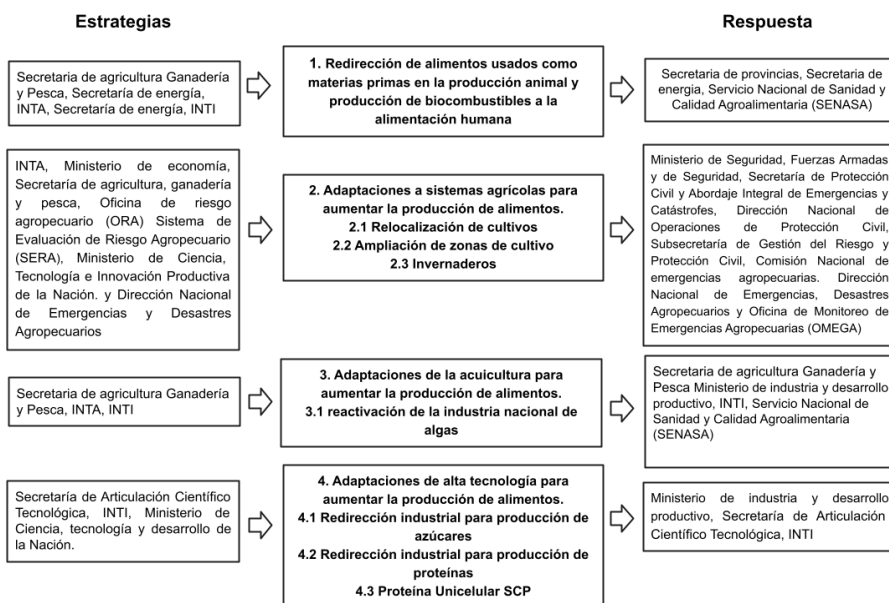


Imagen 15. Entidades principales durante la planeación y respuesta de la sección dos de propuestas en materia de soluciones de producción de alimentos.

Conclusión

Los escenarios de reducción abrupta de la luz solar (ERALS) representan una amenaza significativa para la agricultura y la seguridad alimentaria a nivel mundial. En caso de que ocurra un evento de este tipo, se esperaría una disminución en la producción de alimentos y un aumento en la inanición a nivel global, con una posible tasa de mortalidad de hasta el 75%. Sin embargo, algunos países como **Argentina tienen una ubicación geográfica favorable que podría permitirles desempeñar un papel crucial** en la producción y distribución de alimentos durante un evento de ERALS.

Por este motivo, es importante que el gobierno Argentina participe activamente en la **elaboración de planes de contingencia** destinados a enfrentar posibles amenazas de este tipo en la región y tome medidas preventivas para garantizar la producción y distribución de alimentos durante crisis alimentarias como la de un ERALS. Se sugiere la implementación de una serie de estrategias de respuesta por parte del gobierno de Argentina y por parte de los productores para minimizar los impactos que una catástrofe así pueda tener en la producción alimentaria, y maximizar la disponibilidad de alimentos para el consumo humano, evitando así crisis humanitarias y migratorias en la región.

Además de las medidas de contingencia, es fundamental que se fomente la **investigación y desarrollo** de tecnologías y prácticas agrícolas resilientes que permitan adaptarse a posibles ERALS en el futuro. La colaboración entre el sector público y privado también es clave para lograr estos avances y garantizar la seguridad alimentaria en situaciones de crisis. Es necesario que estas iniciativas sean consideradas como una prioridad a nivel local, nacional y global para garantizar el derecho a la alimentación de la población y reducir el impacto de posibles ERALS en la seguridad alimentaria a nivel mundial.

Como paso intermedio para crear resiliencia en el sistema alimentario del país y con el objetivo de estar mejor preparados frente a un ERALS, se sugiere la **creación de un grupo de trabajo interdepartamental** que involucre a diferentes instituciones gubernamentales y actores relevantes en la temática de la seguridad alimentaria en Argentina, con el objetivo de investigar la amenaza que representa un ERALS y cómo afrontarla. La conformación de este grupo de trabajo interdisciplinar permitiría una visión integrada y más amplia de la problemática, con la participación de expertos de diferentes áreas, como científicos, representantes de la industria alimentaria, agentes políticos, entre otros. Además, el involucrar a diferentes actores favorecería el diálogo y la colaboración entre ellos, lo que podría contribuir a la generación de soluciones más eficaces.

Finalmente, se resalta la importancia de un enfoque colaborativo y multilateral para abordar riesgos catastróficos globales como shocks alimentarios extremos y garantizar la seguridad y el acceso a alimentos a nivel mundial. En este sentido, la elaboración y ejecución de planes de contingencia debe ser una tarea compartida entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil, con el fin de asegurar la resiliencia de la producción y distribución de alimentos.

Autoría del informe

Nombre		Afiliación
Jorge	Torres Celis	Riesgos Catastróficos Globales
Mónica	Ulloa Ruiz	Riesgos Catastróficos Globales
Daniela	Tizado	Riesgos Catastróficos Globales
Roberto	Tinoco	Riesgos Catastróficos Globales
Guillem	Bas Graells	Riesgos Catastróficos Globales
Jaime	Sevilla Molina	Riesgos Catastróficos Globales, Epoch, Centre for the Study of Existential Risk (Cambridge University)
Juan	García Martínez	Riesgos Catastróficos Globales, ALLFED
Morgan	Rivers	ALLFED (Alliance to Feed the Earth in Disasters)
David	Denkenberger	ALLFED, University of Canterbury

Agradecimientos

Agradecimientos especiales por su ayuda y comentarios a otros miembros del equipo de ALLFED: Mariana Antonietta, Michael Hinge, Farrah Jasmine Dingal, Florian Ulrich Jehn; así como a Nick Wilson y Matt Boyd del Aotearoa NZ Catastrophe Resilience Project.

René Segura Latorre contribuyó en la edición del documento.

Apéndices

Apéndice 1a Evaluación de países latinoamericanos para responder a un ERALS - Matriz de decisión

País/factor	Nivel absoluto de capacidad de producción sin adaptaciones (150 Tg, only local consumption) [medido en personas alimentadas, normalizado]	Nivel relativo a la población local de capacidad de producción sin adaptaciones (150 Tg)	Diferencia absoluta con y sin adaptaciones [medido en personas alimentadas locales, normalizado]	Estabilidad política	Efectividad del gobierno	Resiliencia de la cadena de suministro	Valor final
Peso del factor	40%	20%	10%	5%	5%	20%	100%
Argentina	1.00	1	0.00	-0.11	-0.36	0.46	0.67
Uruguay	0.07	1	0.00	1.05	0.84	0.51	0.43
Chile	0.26	0.6	0.12	0.06	0.63	0.68	0.40
Panamá	0.09	1	0.00	0.29	0.16	0.67	0.39
Costa Rica	0.11	1	0.00	0.87	0.26	0.44	0.39
México	0.28	0.1	1.00	-0.64	-0.31	0.58	0.30
Paraguay	0.15	1	0.00	0	-0.62	0.37	0.30
Colombia	0.22	0.2	0.49	-0.91	-0.01	0.44	0.22
Guatemala	0.22	0.6	0.00	-0.39	-0.75	0.48	0.25
Ecuador	0.08	0.2	0.22	-0.27	-0.21	0.65	0.20
Perú	0.15	0.2	0.32	-0.41	-0.26	0.44	0.19
Bolivia	0.05	0.2	0.15	-0.32	-0.73	0.43	0.11
Nicaragua	0.03	0.2	0.00	-0.47	-0.85	0.50	0.09
Venezuela	0.12	0.2	0.18	-1.53	-1.85	0.36	0.01

Apéndice 1b Explicación de indicadores incluidos en la matriz de decisión

Dimensión de resiliencia	Métrica	Justificación
<p>Nivel absoluto de capacidad de producción sin adaptaciones (150 Tg, only local consumption) [medido en personas alimentadas]</p>	<p>Autosuficiencia alimentaria en condiciones de invierno nuclear medido en personas alimentadas (150 Tg). Food System Adaptation and Maintaining Trade Greatly Mitigate Global Famine in Abrupt Sunlight Reduction Scenarios</p>	<p>Este indicador relaciona el número de población y la autosuficiencia alimentaria por país en un ERALS para dimensionar el número de personas alimentadas. Adicionalmente, es probable que más personas sean más resilientes. Por ejemplo, una población muy grande sin preparación podría tener un mayor riesgo de guerra civil si se vuelve demasiado desigual y dividida (Boyd y Wilson, 2022).</p>
<p>Nivel relativo de capacidad de producción sin adaptaciones (150 Tg)</p>	<p>Autosuficiencia alimentaria en condiciones de invierno nuclear sin adaptaciones (150 Tg). Food System Adaptation and Maintaining Trade Greatly Mitigate Global Famine in Abrupt Sunlight Reduction Scenarios</p>	<p>Cuanto mejor sea la situación de un país sin necesidad de responder ante la catástrofe, mejores posibilidades tiene de que sobreviva una parte de su población. Un valor alto también favorece a aquellos países que podrían producir más de lo que necesitan para alimentar al resto de la región</p>
<p>Diferencia absoluta con y sin adaptaciones [medido en personas alimentadas locales]</p>	<p>Diferencia en el consumo calórico en invierno nuclear con y sin adaptaciones. Food System Adaptation and Maintaining Trade Greatly Mitigate Global Famine in Abrupt Sunlight Reduction Scenarios</p>	<p>Este indicador evalúa el potencial por país de las adaptaciones factibles identificadas por ALLFED para mitigar la hambruna en un ERALS. Los alimentos resilientes fueron seleccionados por su potencial para escalar rápidamente, ser asequibles y proporcionar suficientes calorías, grasas y proteínas.</p>
<p>Estabilidad política</p>	<p>World Bank - Worldwide Governance Indicators. Political stability index (1996 - 2021)</p>	<p>El índice de estabilidad política mide las percepciones de la probabilidad de que el gobierno sea desestabilizado o derrocado por medios inconstitucionales o violentos, incluida la violencia y el terrorismo por motivos políticos.</p> <p>Fue considerado, dado que la coordinación y la confianza en la gobernanza a nivel nacional o local pueden resultar importantes para la coordinación de la logística en la catástrofe.</p>

Dimensión de resiliencia	Métrica	Justificación
Efectividad del gobierno	World Bank - Worldwide Governance Indicators. Government effectiveness index (1996 - 2021)	El índice de efectividad del gobierno captura las percepciones de la calidad de los servicios públicos, la calidad del servicio civil y el grado de su independencia de las presiones políticas, la calidad de la formulación e implementación de políticas y la credibilidad del compromiso del gobierno con dichas políticas.
Resiliencia de la cadena de suministro	World Bank Development Indicators (World Economic Forum Global Competitiveness Index) (World Economic Forum, 2019)	Se considera, dado que en un ERALS será necesario continuar con la distribución de alimentos y bienes.

Apéndice 2 Recursos y contactos

Grupos de interés

Nombre	Categoría	Página web	Relevancia	Información de contacto
Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP)	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/agricultura	Alta	informacion@magyp.gob.ar
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/inta	Alta	Centro de investigación de Recursos Naturales: (011) 3754 8400 int 8621
Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR)	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/sinagir	Alta	secretariaejecutiva.sinagir@minseg.gob.ar
Agencia de Planificación	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/apla	Alta	Lic. Sonia A. Kabala, contacto@apla.gob.ar
Dirección Nacional de Operaciones de Protección Civil	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/seguridad/gestion-del-riesgo-y-proteccion-civil/operaciones	Alta	Esteban Chalá
Dirección Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/seguridad/gestion-del-riesgo-y-proteccion-civil/prevencion	Alta	Claudio Schbib
Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/inti	Alta	Sandra Mayol, consultas@inti.gob.ar

Nombre	Categoría	Página web	Relevancia	Información de contacto
Oficina de riesgo agropecuario (ORA) - Sistema de Evaluación de Riesgo Agropecuario (SERA)	Gobierno	http://www.ora.gob.ar/	Alta	Lic. Adriana Basualdo - abasual@magyp.gob.ar
Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA)	Gobierno	https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/d_eda/omega/	Alta	María de Estrada
Dirección Nacional de Emergencias y desastres Agropecuarios	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/agricultura/emergencia-agropecuaria	Alta	Fabían Jaras
Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/seguridad/gestion-del-riesgo-y-proteccion-civil	Alta	Sebastián Portillo (https://www.linkedin.com/in/sebaportillo/)
Instituto Nacional de alimentos de Argentina (ANMAT)	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/anmat	Alta	Teléfono: (54-11) 4340-0800
Comisión Cascos Blancos	Gobierno	https://www.cancilleria.gob.ar/es/politica-externa/cascos-blancos	Baja	comca@cancilleria.gob.ar
Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias S.A.	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/intea	Media	Es el mismo del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (IAL)	Academia	https://ial.conicet.gov.ar/	Media	ial@santafe-conicet.gov.ar
Instituto Geográfico Nacional	Gobierno	https://www.ign.gob.ar/	Media	https://www.ign.gob.ar/contacto/

Nombre	Categoría	Página web	Relevancia	Información de contacto
Red Científico-Tecnológica para la Gestión Integral del Riesgo	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sact/gestion-del-riesgo	Media	El mismo de la Secretaría de Articulación Científica
Secretaría de Articulación Científico Tecnológica	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sact	Media	Juan Pablo Paz, sact@mincyt.gob.ar
Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico	Media	Cecilia Nicolini
Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-secretaria-de-coordinacion-militar-en-emergencias-del-ministerio-de-defensa-continua	Alta	Carlos Ospital
Servicio Geológico Minero Argentino	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/economia/segemar	Media	Eduardo Zappettini , atencionalciudadano@segemar.gov.ar
Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)	Gobierno	https://www.argentina.gob.ar/senasa	Media	responde@senasa.gob.ar

Expertos

Nombre	Relevancia	Nacional / Internacional	Ámbito	Organización	Área
Matt James Boyd	Alta	Internacional	Academia	Adapt Research Ltd	RGC
Fernando Dellatorre	Alta	Nacional	Academia	Facultad Regional Chubut - Universidad Tecnológica Nacional y Laboratorio Algas Marinas Betónicas, CESIMAR	Algas
Maria Laura Escuder	Alta	Nacional	Cooperación internacional	FAO Argentina	Seguridad alimentaria
Alejandro Bustamante	Alta	Internacional	Cooperación internacional	CEPAL	Gestión del riesgo CEPAL
David Denkenberger	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Seguridad alimentaria
Farrah Jasmine Dingal	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Algas en invierno nuclear
Mariana Antonietta	Alta	Nacional	ONG	ALLFED	Producción alimentaria Argentina
Florian Ulrich	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Solución algas
Morgan Rivers	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Priorización soluciones Argentina

Nombre	Relevancia	Nacional / Internacional	Ámbito	Organización	Área
Michael Hinge	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Economía y política
Ross Tieman	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Resiliencia alimentaria en invierno nuclear
Juan García Martínez	Alta	Internacional	ONG	ALLFED	Soluciones alimentarias ERALS
Claudio Schbib	Alta	Nacional	Gobierno	Dirección Nacional de de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.	Gestión del Riesgo
Silvia La Ruffa	Alta	Nacional	Gobierno	SINAGIR	Gestión del riesgo
María de Estrada	Alta	Nacional	Gobierno	OMEGA	Gestión del riesgo Agropecuario
Carlos Ospital	Alta	Nacional	Gobierno	Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias	Atención de emergencias

Apéndice 3 Entrevistas

David Denkenberger

Director y cofundador de Alliance to Feed the Earth in Disasters (ALLFED) y profesor asistente de la University of Canterbury

Denkenberger señaló que Argentina es un país interesante por no ser posiblemente objetivo de un ataque nuclear y porque en caso de ERALS, puede producir suficiente alimento para exportar y señaló que se puede evaluar un posible efecto contagio en escenario de no intercambio comercial en el cual el país no podría importar insumos y materiales necesarios para garantizar y aumentar la producción de alimentos. Para estimar mejor esta capacidad, algunos factores incluyen: sus cultivos, el almacenamiento de comida, la capacidad de producción de papel, y la producción de plástico para los invernaderos.

En cuanto a las acciones más recomendables a seguir para un escenario de ERALS son: un plan de preparación y respuesta, la creación de invernaderos, la relocalización de cultivos, la transformación de fábricas e industrias (e.g. papel y biorefinerías) y despliegue de nuevas industrias (proteína unicelular), sistema de racionamiento, realizar campañas de información y un plan de comunicaciones, determinar el uso de alimento animal para humanos, como planear la reducción de población animal y de desperdicios de comida. Es importante mencionar que en el caso de relocalización de cultivos y transformación y despliegue de nuevas industrias, el costo-beneficio es clave (relación precio-calorías). Las algas son excelentes por esto pero no son los hongos ni los insectos por ser muy costosos.

Fernando Dellatorre

**Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura y Pesca (GIDTAP)
-Facultad Regional Chubut - Universidad Tecnológica Nacional (UTN)
Docente investigador Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina**

Para la producción de algas, la plataforma continental argentina tiene varias ventajas (enorme biodiversidad, profundidad ideal) y varios inconvenientes (falta de zonas protegidas, variación en las mareas). La especie más prometedora es la *Undaria pinnatifida*, que tiene una alta tasa de crecimiento y resistencia, así como uso alimenticio. La industria tuvo un momento álgido en los años 60 y 70, cuando superó la producción 30.000 toneladas de algas húmedas por año. Sin embargo, las cifras cayeron drásticamente, y la producción actual es prácticamente nula.

La logística para la producción de algas es sencilla: se puede producir en masa con métodos rudimentarios y espacio limitado. Argentina tiene acceso al conocimiento técnico, pero falta personal cualificado y equipamiento, especialmente cuerdas. Esta infraestructura debería estar mínimamente preparada antes de la hipotética catástrofe.

A nivel internacional, hay interés comercial en varias algas de la Patagonia, lo que podría potenciar la industria. Sin embargo, aún hay barreras regulatorias e intereses opuestos que impiden el crecimiento (en especial por temas ecológicos y ambientales).

Mariana Antonietta

Investigadora asociada ALLFED e investigadora asistente CONICET

Antonietta afirma que un escenario de ERALS no ha sido considerado en Argentina desde lo científico o lo institucional.

Igualmente señala que para el escenario de ERALS es importante tener presente a los actores involucrados. En Argentina, por ejemplo, el sector agrícola tiene un enorme poder pues representa una de las mayores fuentes de divisas del país. En especial, los grandes productores concentran la producción extensiva de ganado, maíz, trigo, soja y girasol, y tienen mucha capacidad de lobby en el congreso y el gobierno; en contraste, los pequeños productores de alimentos tienen muchas limitaciones pues están sujetos a condiciones precarias como no ser dueños de las tierras y estar sometidos a los precios que los intermediarios imponen.

La región pampeana (donde se concentra la producción) es la zona más importante pues tiene muy buena fertilidad en sus suelos y condiciones climáticas favorables. La mayoría es agrícola y hacia el sudeste se concentra la ganadería. Afirma que la mayor parte es arcillosa y en algunas regiones se practica el doble cultivo (trigo/soja, trigo/maíz).

Antonietta indicó la importancia de validar los modelos de simulación a través de la experimentación. Los modelos de simulación no han sido validados con experimentos que combinen las condiciones de un ERALS (bajas temperaturas, baja radiación solar, reducción en precipitaciones, alto UV-B y alta humedad relativa). Por eso, los resultados de los modelos de simulación deben interpretarse con cautela. Además, los cultivos adaptados a altas latitudes serían los más adecuados para un escenario de ERALS pero no hay una producción a gran escala de estas variedades por tratarse de ambientes marginales.

Morgan Rivers

Investigador asociado ALLFED

Morgan Rivers ha recalcado la importancia de saber la capacidad de agua que tiene Argentina actualmente, así mismo ha mencionado la importancia de conocer cómo Argentina maneja su agua potable y cómo es la distribución de ella, y si cuentan con bombas de agua. Mencionó que las bombas de agua consumen bastante energía y normalmente no cuentan con energía de respaldo, que generalmente las instituciones que cuentan con estos respaldos mayormente son hospitales y organizaciones de bienestar y salud, por lo que si no se cuenta con energía de respaldo es posible que si se llegase a interrumpir la electricidad por el invierno nuclear, el agua potable estaría escasa.

Morgan también mencionó la relevancia del papel gubernamental al momento de contar con planes de racionamiento alimentario ya que es una iniciativa muy efectiva y de igual forma se podría mejorar la nutrición en cuestión de macronutrientes. De igual forma, también mencionó la relevancia de contar con almacenamiento de alimento para poder sobrellevar la catástrofe en un inicio pero verificar, si es posible, si estos almacenamientos se realizan en el sector privado o público. Otra alternativa low-tech me mencionó como alimento resiliente fueron las algas marinas, y que sería relevante para ALLFED, contar con un mapa de dónde se generaría el alga, así mismo determinar si sería para consumo humano o animal.

Michael Hinge

Economista Senior ALLFED

Para Michael Hinge, los modelos económicos en caso de ERALS están en sus primeras etapas, por lo que es muy difícil precisar con exactitud el costo-beneficio de las soluciones y de las acciones a tomar. Por ejemplo, en el caso de Argentina, el ganado debe ser importante pero está asociado a determinar otros factores como la cantidad de pasto disponible en un ERALS. También considera que el uso de invernaderos puede ser muy costoso y triplicaría los precios de los productos, pero podría llegarse a justificar para frutas y verduras.

En este tipo de escenarios, lo más lógico es que los precios tiendan a incrementarse mucho, por lo que Hinge recomienda que cada país ajuste el nivel de intervención estatal según su contexto. Bien se podría pensar en una intervención del Estado (como el Reino Unido en la Segunda Guerra Mundial) que genere un sistema de racionamiento y de compra segura sobre la producción, pero también es importante que se mantengan los principios de un libre mercado y en especial, que los actores a los niveles más locales puedan tomar decisiones de una forma muy flexible (las soluciones low-tech y el intercambio de ideas en este nivel sería grandioso). En palabras de Hinge, son estas personas a nivel local las que podrán tomar mejores decisiones.

Hinge afirma que un escenario de guerra nuclear tiene un riesgo significativo de ocurrir, especialmente en los tiempos actuales, pero para que se active un ERALS se necesitan cientos o miles de detonaciones que son poco probables que ocurran. Sin embargo, en caso de darse, los gobiernos podrán evitar mayores tensiones si se le presenta a la población civil un plan; también es mejor prepararse desde ahora porque en caso de darse el escenario, las soluciones y las tecnologías necesarias pueden tardar 7 años en producirse, mientras que sólo se contará con 7 meses a 1 año para que los efectos climáticos hagan efecto.

Por último, Hinge afirma que algunos países pueden variar en sus cultivos pero otros necesitarán la ayuda internacional, por lo que un organismo como las Naciones Unidas será fundamental.

Florian Ulrich Jehn
Investigador asociado ALLFED

Florian Ulrich no considera que Argentina sería uno de los países latinoamericanos más afectados por una ERALS, ya que las temperaturas caerían a niveles bajos insostenibles para la producción de alimentos. Esto aplicaría sobre todo a las algas: según (Harrison et al., 2022), los océanos sufrirían bajadas de 10-15°C, por lo que la parte sur se congelaría. Para la especie de alga *Gracilaria tikvahiae* (estudiada en ALLFED), el rango de temperatura necesario para su crecimiento es muy estrecho, y no se daría en una Argentina post-catastrófica pues su crecimiento sería muy lento. Ulrich ve más prometedora la producción de algas en zonas más septentrionales y occidentales de Sudamérica, como Perú.

Para escalar la producción de algas, se consideran varios puntos: las personas con experiencia previa en los cultivos de algas, el stock inicial, la cantidad de cuerdas disponibles, la tecnología eficiente para secarla y la posibilidad de automatizar el cultivo. En cualquier caso, Ulrich considera que las algas sin modificaciones nutricionales no deberían suponer más del 10-20% de la dieta, por su alto contenido en yodo. Y duda de la costo-efectividad de las algas, que, según (DeAngelo et al., 2022), tienen un costo-beneficio muy alto.

Fuera de la acuicultura, se menciona brevemente la posibilidad de construir invernaderos en el norte de Argentina y estimar si existe la cantidad de agua disponible para hacerlo. Para usos como fertilizantes, se discute la riqueza en guano de varios países. A nivel estratégico, considera importante que haya cooperación entre países sudamericanos, para que estos se especialicen y generen dinámicas de intercambio.

Matt Boyd
Director y fundador de Adapt Research

Boyd señala la importancia de tener mejores evaluaciones de riesgos nacionales y ser más transparentes en la información que los contiene. Menciona el artículo de (Kohler, 2023) y toma como consejo la necesidad de que se pueden tomar ejemplos de otros países y adaptarlos perfectamente al contexto nacional: tal es el caso de la nueva ley de RCG de Estados Unidos (2022) que puede ser un punto de partida en varios países. También cita como ejemplo su trabajo en Nueva Zelanda, donde con base en lo sucedido por la pandemia, se está definiendo el impacto en los comerciantes y los negocios en caso de un invierno nuclear, lo que ayuda a que los tomadores de decisiones se hagan una mejor idea del riesgo que podría enfrentar la isla.

Sin embargo, para lograr estas mejores evaluaciones, recalca la necesidad de ‘acordar’ mejor los supuestos y las implicaciones de esos supuestos (por ejemplo en comprensión del riesgo y comunicación); sugiere considerar toda la información posible y ordenarla desde la de mayor impacto a la de menor impacto. Por ejemplo, desde el número de cultivos que se congelarían

en un ERALS y los tipos de estos que podrían ser utilizados en forma mixta (caso trigo y zanahoria) hasta el número de ambulancias que se requerirían.

Por último, señala la importancia de articular los aspectos técnicos con la logística. En su opinión, la logística es tan importante como toda la ciencia detrás de la evaluación de estos riesgos. Por ejemplo, para la producción de alimentos se necesitarán fertilizantes y pesticidas, que no necesariamente el país productor de alimentos los tendría, entonces se requiere saber de dónde vendrán; también es el caso del transporte y la energía, y la pregunta es cómo se cubrirán estas necesidades.

Claudio Schbib

Director Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Subsecretaría de Protección Civil y Protección del Riesgo del Ministerio de Seguridad de la Argentina

Claudio Schbib señala que la Dirección Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres depende de la Subsecretaría de Protección Civil y Protección del Riesgo, que a su vez está adscrita a la Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad. Allí trabajan con otros organismos gubernamentales y no gubernamentales, así como miembros del comité científico-técnico.

El trabajo de gestión de riesgo en Argentina toma como referencia el marco SENDAI y los lineamientos de Naciones Unidas, y se rige por la ley N° 27.287 en la que se crea el SINAGIR, así como por el Decreto 383 que implementa dicha ley. De acuerdo con esto, el SINAGIR se compone de dos grandes consejos, el Consejo Nacional, que convoca a todos los ministerios que pudieran tener injerencia en la gestión de riesgo; y el Consejo Federal, que convoca a todas las 24 provincias de Argentina. Al ser un país federal, las 24 jurisdicciones de la República de Argentina tienen independencia, pero se trabaja de manera conjunta para la gestión del riesgo. Además de esos dos grandes consejos, se encuentran otros consejos menores como el Consejo Consultivo de las Organizaciones de la Sociedad Civil, que convoca a las ONG, al sector privado, entre otros; esto implica la extensión de la gestión del riesgo a toda la sociedad.

En particular, la Dirección Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres está a cargo de los análisis de riesgo, elaboración de mapas de riesgo y capacitación, trabajando junto con el equipo de monitoreo de emergencias. La otra Dirección está a cargo de operaciones y respuesta. En cuanto a los organismos científicos-técnicos (entidades autónomas que se encuentran adscritas a los ministerios), se reúnen con las dependencias del SINAGIR una vez al mes; allí se trabaja en las evaluaciones trimestrales. Para responder a eventos climáticos extremos, el organismo científico-técnico encargado es OMEGA, la Oficina de manejo de emergencias agropecuarias, que se encuentra en el Ministerio de Agricultura.

Además, se explica qué es el SINAME, el Sistema Nacional de Alerta y Monitoreo de Emergencias (SINAME), una herramienta para la gestión de riesgo que hace posible el mapeo

y monitoreo de amenazas hidrometeorológicas y el intercambio de información permanente para el seguimiento de potenciales situaciones adversas en el país.

Silvia La Ruffa

Secretaria de la Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad del Ministerio de Seguridad de la Argentina

La Dra. Silvia La Ruffa expresa que el sistema de riesgos de la Argentina es relativamente nuevo. Tiene 7 años de vigencia y se dio en el marco de las conversaciones de Sendai. En comparación con Chile, su sistema tiene 20 años. El sistema argentino tiene su base en la Ley 27.287 que crea legalmente el Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil (SINAGIR). Este sistema involucra a todos los actores gubernamentales y no gubernamentales en la gestión del riesgo y crea el Consejo Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil como la instancia superior de decisión, articulación y coordinación de los recursos del Estado nacional.

Este Consejo lo preside el jefe de Gabinete y existen cinco ámbitos que tienen como punto en común la Secretaría Ejecutiva del SINAGIR. Los cinco ámbitos son (i) el Ministerio de Seguridad que reúne las protecciones civiles de las 24 jurisdicciones subnacionales, (ii) una red de los organismos científicos técnicos que coordina el Ministerio de Ciencia y Tecnología, (iii) un registro de organizaciones de la sociedad civil que dio como resultado la organización vía los decretos reglamentarios de un consejo para las organizaciones de la sociedad civil, (iv) un consejo consultivo y (v) otro consejo consultivo para el sector empresarial.

El Consejo Nacional aprueba un plan quinquenal que en la actualidad tiene vigencia 2018-2023. Este plan se crea a partir de los organismos científicos técnicos que son el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional del Agua, el Instituto Nacional de Previsión Sísmica, el Servicio Geológico Marítimo (que incluye el Observatorio de actividad volcánica), la Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA), entre otros. También se mencionaron dos oficinas que pueden ser de interés como el el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, y el Instituto de Salta Malvaran* (confirmar nombre).

Por último, se destaca la importancia de la coordinación internacional. Sobre esto, La Ruffa resalta tres niveles distintos. En el caso Argentina-Chile se ha dado en el marco de cooperación bilateral; a nivel regional Mercosur y Celac han sido los organismos por los cuales los países se han sentado a acordar planes de gestión de riesgos o compartir experiencias. Los planes comunes se han dado en planes fronterizos; y por último, a nivel continental, que en el mismo marco de Celac se han dado acciones conjuntas con la Unión Europea para desarrollar cooperación en gestión de riesgos. En junio de este año se realizará en Bruselas una reunión multilateral.

María de Estrada

Coordinadora de la Oficina de Monitoreo de Emergencias y desastres Agropecuarios (OMEGA) de la Dirección Nacional de Emergencias y Desastres Agropecuarios de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina

María de Estrada resalta la importancia del componente técnico en el SINAGIR. Afirma que el sistema se encuentra en construcción y que los componentes técnicos son muy fuertes pese a posibles variaciones de presupuesto y personal en las entidades y oficinas. En su especialidad, desde la Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias, destaca que se ha hecho un trabajo muy importante para el monitoreo de sequías en el país.

Otro aspecto importante es la comunicación entre entidades. Como en otras entidades, resalta que el sistema está diseñado y así funciona, para que periódicamente los organismos técnicos puedan brindar información de prevención de riesgos. Por ejemplo, se tiene el GDE, que es el sistema interno de correos y de notificaciones institucionales, y se tiene el SINAME, que permite visualizar diferentes amenazas y diferentes escenarios.

Por último, indica que para la investigación que se realiza, la Comisión Nacional de Emergencias Agropecuarias sería la institución esencial, pues ahí se involucran en caso de emergencias, todas las entidades de productores, las federaciones de productores, las provincias, el INTA y el INTI.

Carlos Ospital

Secretario de la Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias del Ministerio de Defensa de Argentina

El Secretario Ospital señala que la Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias tiene dos funciones esenciales. Brindar apoyo logístico en las emergencias a través de los requerimientos que realicen los gobiernos locales, las provincias o bien el mismo SINAGIR. Y la de servir de articulador entre la parte militar y los actores civiles durante emergencias.

Aclara que existen dos oficinas que desarrollan toda la logística en emergencias según las necesidades del evento. Se solicita todo el apoyo logístico a la Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias, en lo relacionado con las capacidades militares, y a la Secretaría de Articulación Federal de la Seguridad (con la Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil) en todo lo relacionado con capacidades de carácter civil.

En cuanto a la parte de articulación, indica que la Secretaría que dirige es el nexo político del Ministerio de Defensa, las Fuerzas Armadas y las provincias y gobiernos locales, ya que

coordina todos estos actores dentro de sus funciones (emergencias, vulnerabilidad social, ayuda humanitaria).

Indica que en caso de ocurrir un caso como el que se plantea de ERALS, es protección civil la que se encarga inicialmente de actuar y se coordina desde la Secretaría de Articulación Federal de Seguridad. Y en caso de que se requiera un apoyo adicional o se cuente con mejores capacidades para algo en específico, la Secretaría de Articulación se comunica con la Secretaría que él preside para solicitar lo que necesiten en términos de logística.

De ahí, internamente, las comunicaciones y requerimientos se realizan entre la Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias y la Jefatura del Estado Mayor Conjunto, o bien con la Dirección militar de Apoyo en Emergencias (DIMAE), o bien con cada una de las jefaturas de cada arma.

Apéndice 4 Revisión de literatura

Resumen de las secciones de la revisión de literatura.

Abrupt Sunlight Reduction Scenario (ERALS)

Los artículos revisan diversos aspectos relacionados con la seguridad alimentaria en escenarios de reducción abrupta de la luz solar (ERALS). Estos escenarios pueden ser causados por eventos como erupciones volcánicas, la inyección de hollín debido a una guerra nuclear (Robock, 2015) que generarían variaciones en la T° de entre 1 y 15°C según la gravedad del evento o el impacto de asteroides (este último solamente mencionado por los autores, siendo más importante las dos primeras causas) y pueden tener graves consecuencias para la producción de cultivos, pesca y ganadería, lo que podría generar hambrunas a nivel mundial, (Xia et al., 2022a).

Para hacer frente a esta problemática, se proponen soluciones como la adaptación del sistema alimentario y la mantención del comercio global de alimentos, así como la producción de cultivos en invernaderos de baja iluminación (Alvarado et al., 2020b), la relocalización de cultivos tolerantes, la producción de algas, la extracción de proteínas de biomasa vegetal (Rivers, et al., 2022) y el aprovechamiento de proteínas microbianas a partir de hidrógeno (Martínez et al., 2021). Además, se plantea la necesidad de pensar en dietas equilibradas y resilientes que cumplan con los requerimientos calóricos para enfrentar estos escenarios (Pham et al., 2022).

Se analizan los impactos de eventos pasados, como la erupción del volcán Tambora en 1815 (Wilson et al., 2023), y del volcán Laki en 1783 (Oman et al., 2006) las cuales pueden ser una muestra del impacto que podría tener un invierno nuclear y que produjeron disminuciones en las temperaturas medias terrestres de entre 1 y 2 ° C, generando cambios climáticos y bajas en la productividad de alimentos que comprometieron la seguridad alimentaria de millones de

personas en los años posteriores para entender las consecuencias de eventos similares en el futuro.

En resumen, estas fuentes abordan el desafío de mantener la seguridad alimentaria en situaciones de ERALS (Denkenberger & Pearce, 2014), a partir de modelos que incluyen parámetros climáticos (Xia et al., 2022a), y la respuesta de los países y poblaciones ante los escenarios de conflictos nucleares que afectaron a toda la población y en el peor de los escenarios generaron el fallecimiento de hasta una tercera parte de la población mundial, además de proponer posibles soluciones tecnológicas de baja y alta tecnología y políticas para enfrentar este escenario catastrófico.

Soluciones y Políticas Internacionales respecto a ERALS

Los artículos revisan diversas estrategias y políticas para enfrentar el escenario de reducción abrupta de la luz solar (ERALS) y asegurar la seguridad alimentaria en caso de eventos como una guerra nuclear o una erupción volcánica. Se proponen soluciones hipotéticas como la creación de refugios en islas que puedan preservar parte de la humanidad (búnkeres aislados, submarinos o islas)(Boyd & Wilson, 2022a), la gestión de las reservas de alimentos, la construcción exponencial de viveros (Alvarado et al., 2020b), (ALLFED, 2022), la producción de alimentos resilientes (Rivers, 2022), la relocalización de cultivos, la adaptación de la tecnología para incrementar la productividad del agua (ALLFED, 2022), analizar la posibilidad de HEMPs (Denkenberger et al., 2017) y la reutilización de instalaciones industriales para la producción de azúcares a partir de biomasa vegetal (Throup et al., 2022).

También se analiza la viabilidad y costo-efectividad de estas soluciones (Denkenberger & M. Pearce, 2017) y se plantea la necesidad de mejorar los métodos y la participación de los diferentes actores en las evaluaciones de riesgos nacionales, en especial los tomadores de decisiones (Boyd & Wilson, 2022b). Además, se destaca el papel de las algas marinas como posible fuente de alimento resiliente después de un evento de ERALS, no obstante se resalta que serian una opción no disponible para países como argentina en casos severos mayores a 40 Tg (Jehn et al., 2023) y se aborda la importancia de comprender las incertidumbres y los riesgos catastróficos y existenciales como un tema fundamental.

En general, estas fuentes buscan proponer estrategias para garantizar la seguridad alimentaria en situaciones de ERALS (Wilson et al., 2022) y exploran la viabilidad de diversas soluciones, desde tecnológicas hasta políticas (ALLFED, 2022), para enfrentar este escenario catastrófico a nivel mundial. Siendo fundamental la evaluación de riesgos y los planes de gestión de los mismos, los cuales son prácticamente inexistentes en la mayoría de países.

Gestión del riesgo y políticas en Argentina

Estas fuentes tratan sobre la resiliencia frente a las adversidades climáticas y los esfuerzos de planificación y gestión del riesgo de desastres en ALyC especialmente en Argentina (ANIMUS,

2017). Se destacan las iniciativas de transferencia de tecnología climática y el fomento de la innovación para adaptarse al cambio climático y reducir la vulnerabilidad de los sistemas agroalimentarios (ANIMUS, 2016), todos estos proyectos siguen en desarrollo, entre la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca en conjunto con instituciones de cooperación como el IICA, Fontagro, WFP por lo cual solo se conocen sus objetivos, aunque tienen productos intermedios que contienen información sobre la producción del país en la actualidad sin adaptaciones (AGRO XXI, 2022).

También se mencionan políticas y programas nacionales como el Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres en Argentina 2018-2023 ((Borús & Caranta, 2018), que busca establecer una gestión integral del riesgo y la protección civil en el país, enmarcado en los acuerdos de SENDAI de 2015, designando como cuerpo de gestión al SINAGIR (Sistema nacional para la gestión del riesgo de desastres) que incluye a diversas instituciones nacionales y locales consignadas en la Ley 27.87 (Ley, s. f.); Caracteriza los riesgos frecuentes en Argentina y asigna algunas responsabilidades.

Como lo muestra el informe de la CELAC y la lectura del PNRRD Argentina presenta un bajo desarrollo en la materia respecto a la región en la materia de gestión del riesgo, contando con solo cerca del 3% de planes locales (Bello et al., 2020) y sin tener un cumplimiento en las fechas establecidas en el mismo plan para la elaboración de los mismos, lo que demuestra un bajo interés en la temática, ligado posiblemente a la baja ocurrencia de fenómenos naturales del país, no obstante, en la actualidad el país afronta una de las mayores sequías asociada al cambio climático acelerado que demuestra la vulnerabilidad del sistema agrícola. Se hace necesario que el país profundice en la materia y adopte políticas de gestión del riesgo para RCG, debido a su importancia en la región en el área de producción de alimentos.

En general, estas fuentes abogan por el desarrollo sostenible e inclusivo del sector agroalimentario y la necesidad de una planificación y gestión adecuada para enfrentar los desafíos climáticos, no existen fuentes nacionales enfocadas en la gestión de un ERALS, pero las fuentes trabajadas son relevantes debido a que muestran por un lado los actores involucrados en la gestión agroalimentaria, proyectos en desarrollo y por otro lado muestran un plano general de la gestión del riesgo en el país.

Soluciones en Argentina

Estas fuentes abordan distintos aspectos relacionados con la gestión integral de los riesgos en el sistema agroindustrial rural en Argentina (proyecto en desarrollo) (IICA, 2021), la tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional (invernaderos adaptados a cada una de las 5 regiones bioclimáticas) (Lencsak & Iglesias, 2019), y la promoción de sistemas agroalimentarios resilientes y sostenibles para la agricultura familiar (PROSAF, 2022). Además, se discuten las potencialidades de las macroalgas marinas argentinas y su uso como opción

alimentaria y se presentan datos sobre los recursos de algas marinas en Argentina (Camurati et al., 2019).

El Programa de Gestión Integral de los Riesgos en el Sistema Agroindustrial Rural en Argentina, desarrollado por el IICA, busca mejorar la capacidad de respuesta frente a situaciones de emergencia y el fortalecimiento de la gestión integral de riesgos en el sector agroindustrial. Asimismo, se hace referencia al Programa Promoción de Sistemas Agroalimentarios Resilientes y Sostenibles para la Agricultura Familiar (PROSAF), el cual tiene como objetivo impulsar el desarrollo de sistemas productivos agroalimentarios sostenibles y resilientes en el ámbito rural, sin incluir ERALS solo enfocándose en la producción de alimentos en todo el territorio teniendo en cuenta el cambio climático como factor de riesgo.

Por otro lado, se presentan estudios sobre las potencialidades de las macroalgas marinas argentinas como una opción alimentaria, debido a su alto valor nutricional y su contenido en fibra. También se menciona un informe sobre los recursos de algas marinas en Argentina, enfocado en su producción, investigación bio-ecológica y los desafíos para su desarrollo, evidenciando el estado actual de la industria nacional casi desaparecida y remarcando la importancia de su reactivación debido al elevado potencial especialmente de la región de Chubut (Camurati et al., 2019), esta solución resiliente tiene como soporte a múltiples laboratorios y expertos en la materia a nivel nacional.

Finalmente, se discute la importancia de la tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino, en particular el uso de invernaderos para mejorar la producción agrícola (Lenschak & Iglesias, 2019). Estas fuentes presentan una visión amplia de distintos aspectos relacionados con la gestión de riesgos, la promoción de sistemas agroalimentarios resilientes, además de la importancia de la tecnología apropiada en la producción agrícola, siendo evidente el papel que tendría el INTA (Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias) frente a un eventual ERALS.

Apéndice 5a Relación de actores

Soluciones	Dependencia gubernamental encargada	Otros organismos locales	Expertos Nacionales	Organismos externos	Expertos Extranjeros
Incremento de la producción agrícola (Relocalización de cultivos, extensión de las áreas de cultivo)	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Instituto Nacional de tecnologías Agropecuarias (INTA), Oficina de riesgo agropecuario (ORA) - Sistema de Evaluación de Riesgo Agropecuario (SERA), Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA)	Agencia de Planificación. Confederación Intercooperativa Agropecuaria (CONINAGRO) Confederación Rural Argentina (CRA) Federación Agraria Argentina (FAA) Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (IAL) Instituto Geográfico Nacional. Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación. Sociedad Rural Argentina (SRA) Instituto Tecnológico Chascomús (INTECH), Comité de emergencias Agropecuarias.	Mariana Antonietta (ALLFED) Fernando Scaramuzza (INTA) Diego Villarroel (INTA) Jamil Macedo (IICA) Elizabeth Kleiman (FAO)	ALLFED,FAO, IICA, FONTAGRO, FIDA, Jahn Research Group IIASA IFPRI	David Denkenberger (ALLFED) (IFPRI) Ross Tieman (ALLFED) Molly Jahn (Jahn Research Group) Michael Obersteiner (IIASA) Joseph Glauber

Soluciones	Dependencia gubernamental encargada	Otros organismos locales	Expertos Nacionales	Organismos externos	Expertos Extranjeros
Construcción de invernaderos	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Instituto Nacional de tecnologías Agropecuarias (INTA), Oficina de riesgo agropecuario (ORA) - Sistema de Evaluación de Riesgo Agropecuario (SERA)	Agencia de Planificación. Confederación Intercooperativa Agropecuaria (CONINAGRO) Confederación Rural Argentina (CRA) Federación Agraria Argentina (FAA) Sociedad Rural Argentina (SRA)	Mario Pedro Lenscak (INTA) Dra. Ing. Agr. Norma Iglesias. (INTA)	ALLFED, Penn state University, FAO, IICA, FONTAGRO, FIDA	Sizhuo Chen , Myungjin Lee (Penn State University)
Soluciones de acuicultura (Algas marinas)	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, secretaria de agroindustria, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Instituto Nacional de alimentos de Argentina (ANMAT)	Laboratorio Algas Marinas Betónicas, CESIMAR, Universidad Nacional de La Plata Universidad Nacional de San Martín	Fernando Dellatorre (GIDTAP UTN) Paula Raffo Patricia Arenas (UNLP) Dra. Salomone Vanesa (UNSAM)	ALLFED, Penn state University, IICA	Florian Ulrich y Farrah Jasmine Dingal (ALLFED), Marjorie Jauregui Tirado (Penn State University)
Producción descentralizada de alimentos a partir de fibra vegetal no comestible lácteos.	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Instituto Nacional de tecnologías Agropecuarias (INTA), secretaria de agroindustria, Oficina de riesgo agropecuario (ORA) - Sistema de Evaluación de Riesgo Agropecuario (SERA)	Agencia de Planificación. Confederación Intercooperativa Agropecuaria (CONINAGRO) Confederación Rural Argentina (CRA)	Dra. Silvana Cabrini (INTA) María Cecilia Paolilli (INTA) Ing. Agr. Gerardo Gagliostro (INTA) Ing. Agr. Francisco Antonio Fillat (INTA)	FAO, IICA FONTAGRO	Dr. Frank Mitloehner (UCDavis) Dr Mitch Kanter (Global Dairy Platform)

Soluciones	Dependencia gubernamental encargada	Otros organismos locales	Expertos Nacionales	Organismos externos	Expertos Extranjeros
Soluciones de alta tecnología para la producción de alimentos.	Ministerio de desarrollo productivo, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Instituto Nacional de tecnologías Agropecuarias (INTA), secretaría de agroindustria, Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria	Oficina de riesgo agropecuario (ORA) - Sistema de Evaluación de Riesgo Agropecuario (SERA), Universidad nacional de San marcos, Tomorrow foods, AGBM, Bio4, CADER, MAIZAR	Maria Laura Aparicio (UNSAM) Pablo Saleme (INTA) Mario Bragachini (INTA) Ricardo Rosenberg (BID) Guillermo Lentini Agustin Belloso Jose Antonio Porta Guillermo Lentini (Tomorrowfoods)	FAO, IICA FONTAGRO, Penn State University, BID	Juan García Martínez (ALLFED), Charles T. Anderson (Penn State University)
Suministro y comunicación	Instituto Nacional del Agua, Secretaría de agricultura ganadería y pesca, Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, secretaría de comercio, Ministerios de comunicaciones y de seguridad	Fuerzas armadas, Secretaría de Protección Civil y Abordaje Integral de Emergencias y Catástrofes ENACOM (Ente Nacional de Comunicaciones) Centro Nacional de Organizaciones de la Comunidad	Claudio Schbib (DNPRRD), Silvia La Ruffa (SINAGIR) y Carlos Ospital (Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias)	CEPAL ALLFED FAO WFP BID	Matt Boyd (Adapt research Ltd.), Morgan Rievers (ALLFED)

Apéndice 5b Responsables en caso de ERALS

Preparación	Respuesta	Relevancia
INTA	Ministerio de Seguridad	Alta
Ministerio de economía	Fuerzas Armadas y de Seguridad	
Secretaría de agricultura, ganadería y pesca	Secretaría de Protección Civil y Abordaje Integral de Emergencias y Catástrofes	
Oficina de riesgo agropecuario (ORA) Sistema de Evaluación de Riesgo Agropecuario (SERA)	Dirección Nacional de Operaciones de Protección Civil	
MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA DE LA NACIÓN	Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil	
Secretaría de Articulación Científico Tecnológica	Secretaría de Coordinación Militar en Emergencias.	
INTI	Ministerio de Desarrollo Social	
Ministerio de seguridad	Oficina de Monitoreo de Emergencias Agropecuarias (OMEGA)	
Ministerio de Desarrollo Social	Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda	Media
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN	Ministerio de defensa	
MINISTERIO DE HACIENDA Y FINANZAS PÚBLICAS DE LA NACIÓN	MINISTERIO DE TRANSPORTE DE LA NACIÓN	
Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo	MINISTERIO DE COMUNICACIONES DE LA NACIÓN	
Gabinete Científico Tecnológico	Secretaría de Obras Públicas	
Secretaría de Gestión y Articulación Institucional	Comisión de cascos blancos	

Preparación	Respuesta	Relevancia
Secretaría de Coordinación y Desarrollo Territorial	MINISTERIO DE HACIENDA Y FINANZAS PÚBLICAS DE LA NACIÓN	
Dirección Nacional de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres	Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo	
Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil	MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA DE LA NACIÓN	
Red Científico-Tecnológica para la Gestión Integral del Riesgo.	Dirección Nacional de Operaciones de Protección Civil	
Oficina nacional de presupuestos	Secretaría de Protección Civil y Abordaje Integral de Emergencias y Catástrofes	

Apéndice 6 Modelo

Para facilitar la visualización de los efectos de un ERALS en el porcentaje de personas alimentadas, se utilizaron dos escenarios principales. El primero, basado en la producción calórica en Argentina sin un evento catastrófico, y el segundo, que considera un evento de gran magnitud (150 Tg) y sus variaciones correspondientes. Esto se hizo para evaluar diferentes soluciones utilizando los parámetros de la Imagen 6. Los escenarios 1a (Gráfica 1) y 1b (Gráfica 2) tienen en cuenta la misma producción calórica, pero el último refleja la producción calórica bruta, al incluir la redirección de los alimentos utilizados en la industria animal y de biocombustibles al consumo humano.

En el escenario 2 se asumieron cuatro condiciones diferentes de un ERALS de 150 Tg: i) el escenario 2a (Gráfica 3) muestra la situación después del evento sin realizar cambios en el esquema actual de producción; ii) el escenario 2b (Gráfica 4) muestra el impacto de redirigir los alimentos usados en la producción animal y de biocombustibles al consumo humano; iii) el escenario 2c (Gráfica 5) muestra el impacto de añadir soluciones para la producción de alimentos, como el cultivo de algas o la producción de azúcares industriales; y iv) el escenario 2d (Gráfica 6) muestra el impacto de desplegar soluciones intensivas, como aumentar la cobertura de invernaderos y ampliar las áreas de cultivo hasta 70 millones de hectáreas en los tres primeros años después del evento catastrófico.

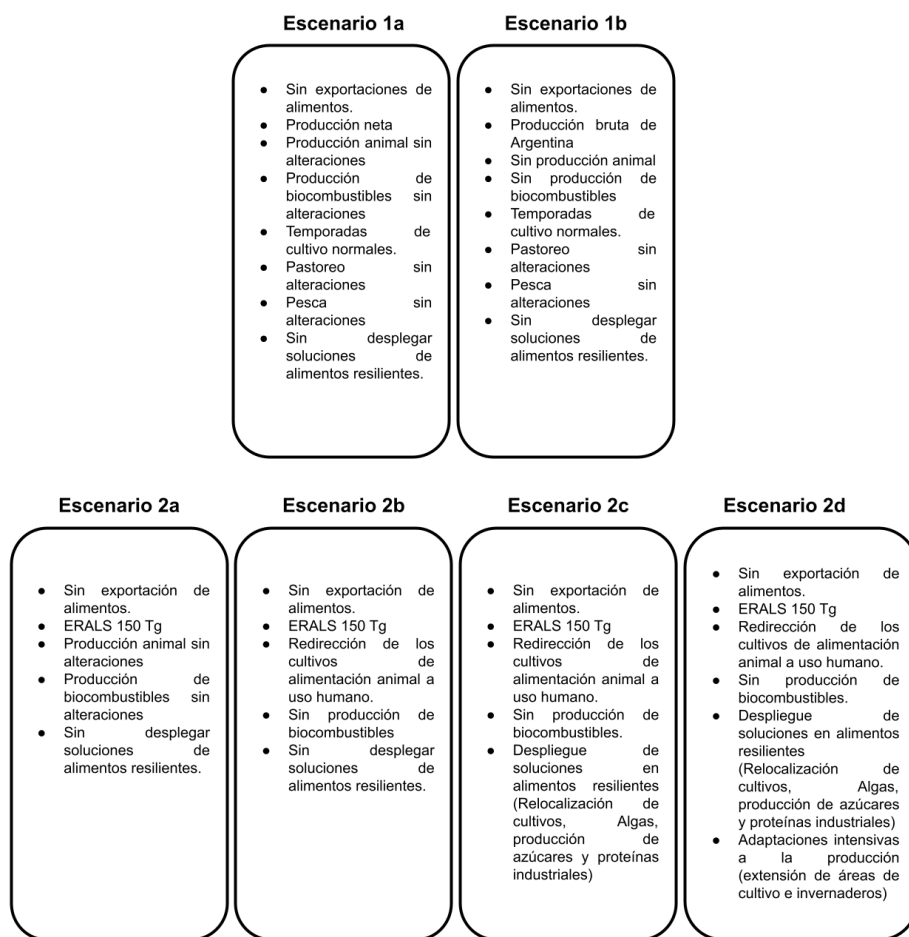


Imagen 6. Diversos escenarios contemplados para un ERALS en Argentina.

Teniendo en cuenta los cuatro escenarios, podemos observar en la Gráfica 7 que, en caso de un ERALS de 150 Tg, hay una disminución significativa del 238% en el número de personas que actualmente pueden ser alimentadas, al pasar del Escenario 1a al Escenario 2a. Esto indica que si ocurriera esta catástrofe, el país enfrentaría inseguridad alimentaria y estaría en riesgo de acercarse peligrosamente a los límites del requerimiento calórico de su población. Por lo tanto, se necesitarán diversas soluciones para redirigir los alimentos, dar prioridad al ser humano y aumentar la producción. En consonancia con esto, en los Escenarios 2b, 2c y 2d, donde se redirigen los alimentos e implementan soluciones de alimentación resiliente de baja y alta tecnología, se puede aumentar la producción en un ERALS entre un 238% y un 586% en comparación con el escenario 2a, donde no se aplica ninguna solución. Esto permitiría suplir el consumo calórico interno y continuar con la exportación de alimentos.

La diferencia entre los escenarios 2c y 2d se encuentra en la intensidad de las adaptaciones en la producción, siendo mayores en el último. El escenario 2d plantea una ampliación de las áreas de cultivo hasta 70 millones de hectáreas y un aumento significativo en la cobertura de

invernaderos. Ambos escenarios incluyen el despliegue de alimentos resilientes, como algas, y alimentos resilientes de alta tecnología, como la producción de azúcar a partir de material lignocelulósico (Throup et al., 2022) y proteína unicelular a partir de metano (J. B. García Martínez et al., 2022).

Apéndice 7. Modelo de expansión de zonas cultivables

Contiene una hoja de cálculo con los datos de la producción en toneladas y áreas cultivadas durante los 3 últimos años en Argentina para estimar el rendimiento promedio de los principales cultivos y posteriormente calcular la producción calórica, tomando en consideración la pérdida en los rendimientos ante ERALS de 0 a 150 Tg Consultar en el repositorio <https://doi.org/10.5281/zenodo.7863880>

Referencias

AGRO XXI. (2022, julio 22). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/agro-xxi>

ALLFED. (2022). *A Strategic Proposal to Facilitate U.S. Food Security in an Abrupt Sunlight Reduction Scenario .pdf.*

Alvarado, K. A., Mill, A., Pearce, J. M., Vocaet, A., & Denkenberger, D. (2020a). Scaling of greenhouse crop production in low sunlight scenarios. *Science of The Total Environment*, 707, 136012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136012>

Alvarado, K. A., Mill, A., Pearce, J. M., Vocaet, A., & Denkenberger, D. (2020b). Scaling of greenhouse crop production in low sunlight scenarios. *Science of The Total Environment*, 707, 136012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136012>

ANIMUS. (2016). *Mecanismo y redes de transferencia de tecnología climática.*

<https://www.fontagro.org/new/proyectos/gef-contrapartida/es>

ANIMUS. (2017). *Resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas.*

<https://www.fontagro.org/new/proyectos/resiliencia-socio-ecologica-ante-adversidades-cli/es>

- Bailey, R., Benton, T., Challinor, A., Elliott, J., Gustafson, D., Hiller, B., Jones, A., Kent, A., Lewis, K., & Meacham, T. (2015). *Extreme weather and resilience of the global food system: Final project report from the UK-US taskforce on extreme weather and global food system resilience* (pp. 5-6). UK: The Global Food Security Programme.
https://www.stat.berkeley.edu/~aldous/157/Papers/extreme_weather_resilience.pdf
- Baum, S. D., Neufville, R. de, & Barrett, A. M. (2018). *A Model for the Probability of Nuclear War*.
- Bello, O., Bustamante, A., & Pizarro, P. (2020). *Planificación para la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Benedict, K., Kane, A., Castro, J., Osano, P., Heymann, D., Kofler, R., Johnson, L., & Drolshagen, G. (2021). *Global Catastrophic Risks 2021: Navigating the Complex Intersections*.
<https://globalchallenges.org/wp-content/uploads/2021/09/Global-Catastrophic-Risks-2021-FINAL.pdf>
- Borús, I. J., & Caranta, L. G. (2018). *PLAN NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES 2018—2023*.
- Bostrom, N., & Cirkovic, M. M. (2008). *Global Catastrophic Risks*. Oxford University Press.
- Boyd, M., & Wilson, N. (2022a). Island refuges for surviving nuclear winter and other abrupt sunlight-reducing catastrophes. *Risk Analysis*, n/a(n/a).
<https://doi.org/10.1111/risa.14072>
- Boyd, M., & Wilson, N. (2022b). *Assumptions, uncertainty, and catastrophic/existential risk: National risk assessments need improved methods and stakeholder engagement* [Preprint]. SocArXiv. <https://doi.org/10.31235/osf.io/jt28k>
- Camurati, J. R., Hocsman, J., & Salomone, V. N. (2019). Potencialidades de las macroalgas marinas argentinas. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 32(2), 169-183.
<https://doi.org/10.47193/mafis.3222019121907>

- CEP XXI, & MAGyPN. (2020). *Informe de Coyuntura Agrícola*. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_de_coyuntura_agricola_-_junio_2020_0.pdf
- Coupe, J., Bardeen, C. G., Robock, A., & Toon, O. B. (2019). Nuclear Winter Responses to Nuclear War Between the United States and Russia in the Whole Atmosphere Community Climate Model Version 4 and the Goddard Institute for Space Studies ModelE. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(15), 8522-8543.
<https://doi.org/10.1029/2019JD030509>
- DeAngelo, J., Saenz, B. T., Arzeno-Soltero, I. B., Frieder, C. A., Long, M. C., Hamman, J., Davis, K. A., & Davis, S. J. (2022). Economic and biophysical limits to seaweed farming for climate change mitigation. *Nature Plants*, 9(1), 45-57.
<https://doi.org/10.1038/s41477-022-01305-9>
- Denkenberger, D. C., Cole, D. D., Abdelkhalik, M., Griswold, M., Hundley, A. B., & Pearce, J. M. (2017). Feeding everyone if the sun is obscured and industry is disabled. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 284-290.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.12.018>
- Denkenberger, D. C., & M. Pearce, J. (2017). *Cost-effectiveness of interventions for alternate food in the.*
- Denkenberger, D. C., & Pearce, J. M. (2014). *Feeding Everyone: Solving the Food Crisis in Event of Global Catastrophes that Kill Crops or Obscure the Sun*. 18.
- Fuentes, B. (2016, junio 23). 1816, el año sin verano. *Agencia Estatal de Meteorología*, 30-41.
- García Martínez, J. (2022, febrero 6). *Catástrofes alimentarias extremas—Riesgos Catastróficos Globales*. Catástrofes alimentarias extremas.
<https://riesgoscatastrofosglobales.com/articulos/catastrofes-alimentarias>
- García Martínez, J. B., Pearce, J. M., Throup, J., Cates, J., Lackner, M., & Denkenberger, D. C.

- (2022). Methane Single Cell Protein: Potential to Secure a Global Protein Supply Against Catastrophic Food Shocks. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2022.906704>
- Harrison, C. S., Rohr, T., DuVivier, A., Maroon, E. A., Bachman, S., Bardeen, C. G., Coupe, J., Garza, V., Heneghan, R., Lovenduski, N. S., Neubauer, P., Rangel, V., Robock, A., Scherrer, K., Stevenson, S., & Toon, O. B. (2022). A New Ocean State After Nuclear War. *AGU Advances*, 3(4), e2021AV000610. <https://doi.org/10.1029/2021AV000610>
- IICA. (2021). *Programa de Gestión Integral de los Riesgos en el Sistema Agroindustrial Rural en Argentina*.
<http://apps.iica.int/DashboardProyectos/programas/Detalle?CRON=5152&SCRON=00>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (Argentina) (Ed.). (2021). *Censo Nacional Agropecuario 2018: Resultados definitivos, abril de 2021*. Ministerio de Economía, Argentina : Instituto Nacional de Estadística y Censos, República Argentina.
- Jehn, F. U., Dingal, F. J., Mill, A., Harrison, C., Ilin, E., Roleda, M. Y., James, S. C., & Denkenberger, D. (2023). *Seaweed as a resilient food solution after a nuclear war*.
- Kohler, K. (2023). *National Risk Assessments of Cross-Border Risks* (p. 40 p.) [Application/pdf]. ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000592788>
- Lenscak, M., & Iglesias, N. (2019). *Invernaderos. Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_invernaderos.pdf
- Ley, N. (s. f.). 27.287. Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil. *Boletín oficial de la República Argentina, Buenos Aires, Argentina*, 28.
- Lin, J., Svensson, A., Hvidberg, C. S., Lohmann, J., Kristiansen, S., Dahl-Jensen, D., Steffensen, J. P., Rasmussen, S. O., Cook, E., Kjær, H. A., Vinther, B. M., Fischer, H., Stocker, T., Sigl, M., Bigler, M., Severi, M., Traversi, R., & Mulvaney, R. (2022). Magnitude, frequency and climate forcing of global volcanism during the last glacial

- period as seen in Greenland and Antarctic ice cores (60–9 ka). *Clim. Past*, 18(3), 485-506. <https://doi.org/10.5194/cp-18-485-2022>
- Martínez, J. B. G., Egbejimba, J., Throup, J., Matassa, S., Pearce, J. M., & Denkenberger, D. C. (2021). Potential of microbial protein from hydrogen for preventing mass starvation in catastrophic scenarios. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.08.011>
- Oman, L., Robock, A., Stenchikov, G. L., & Thordarson, T. (2006). High-latitude eruptions cast shadow over the African monsoon and the flow of the Nile. *Geophysical Research Letters*, 33(18). <https://doi.org/10.1029/2006GL027665>
- Pham, A., García Martínez, J. B., Brynych, V., Stormbjorne, R., Pearce, J. M., & Denkenberger, D. C. (2022). Nutrition in Abrupt Sunlight Reduction Scenarios: Envisioning Feasible Balanced Diets on Resilient Foods. *Nutrients*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/nu14030492>
- Programa Promoción de Sistemas Agroalimentarios Resilientes y Sostenibles para la Agricultura Familiar (PROSAF)*. (2022).
- Ritchie, H., & Roser, M. (2013). Land Use. *Our World in Data*.
- Rivers, M., Hinge, M., García Martínez, J. B., Tieman, R., Jaeck, V., Butt, T., Jehn, F., Grillo, V., & Denkenberger, D. (2022). *Food System Adaptation and Maintaining Trade Greatly Mitigate Global Famine in Abrupt Sunlight Reduction Scenarios*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1446444/v1>
- Rivers, M., Hinge, M., García Martínez, J., Tieman, R., Jaeck, V., Butt, T., & Denkenberger, D. (2022, abril 1). *Deployment of Resilient Foods Can Greatly Reduce Famine in an Abrupt Sunlight Reduction Scenario*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1446444/v1>
- Robock, A. (2015). CLIMATE AND CLIMATE CHANGE | Nuclear Winter. En G. R. North, J. Pyle, & F. Zhang (Eds.), *Encyclopedia of Atmospheric Sciences (Second Edition)* (pp. 95-101). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00245-0>

- Throup, J., García Martínez, J. B., Bals, B., Cates, J., Pearce, J. M., & Denkenberger, D. C. (2022). Rapid repurposing of pulp and paper mills, biorefineries, and breweries for lignocellulosic sugar production in global food catastrophes. *Food and Bioprocess Technology*, 131, 22-39. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.10.012>
- Wilson, N., Prickett, M., & Boyd, M. (2022). *Estimating Food Security after Nuclear Winter: Preliminary analysis for Aotearoa New Zealand*.
- Wilson, N., Valler, V., Cassidy, M., Boyd, M., Mani, L., & Brönnimann, S. (2023). Impact of the Tambora volcanic eruption of 1815 on islands and relevance to future sunlight-blocking catastrophes. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30729-2>
- Xia, L., Robock, A., Scherrer, K., Harrison, C. S., Bodirsky, B. L., Weindl, I., Jägermeyr, J., Bardeen, C. G., Toon, O. B., & Heneghan, R. (2022a). Global food insecurity and famine from reduced crop, marine fishery and livestock production due to climate disruption from nuclear war soot injection. *Nature Food*, 3(8), 586-596. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00573-0>
- Xia, L., Robock, A., Scherrer, K., Harrison, C. S., Bodirsky, B. L., Weindl, I., Jägermeyr, J., Bardeen, C. G., Toon, O. B., & Heneghan, R. (2022b). Global food insecurity and famine from reduced crop, marine fishery and livestock production due to climate disruption from nuclear war soot injection. *Nature Food*, 3(8), 586-596. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00573-0>