

INFORME INA - SCIRSA

ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE
VULNERABILIDAD A LAS SEQUÍAS EN TRES
CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE ARGENTINA:
Cuenca del río Carcarañá, Limay y cuenca alta del
río Bermejo.

INFORME TÉCNICO-CIENTÍFICO

Ing. **Marianela Montes Quinteros**
Dra. Ing. **Leticia Vicario**

MAYO de 2026



ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A LAS SEQUÍAS EN TRES CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE ARGENTINA

RESUMEN

El presente informe parte del trabajo publicado anteriormente “*Avances en la temática de Vulnerabilidad a las sequías en Argentina*”. En este caso, se profundizó en el análisis metodológico e interpretativo realizado, se revisó la información disponible actualizada de los indicadores conformados (se observó que solo requería actualización el indicador de incendios). De esta forma, se logró obtener mapas con índices de vulnerabilidad representativos actualizados a la fecha.

Descriptores temáticos: Vulnerabilidad a las sequías. Regiones Argentinas. Cuencas. Indicadores. Índices. Mapas.

Descriptores geográficos: Cuenca del río Carcarañá. Cuenca del río Limay. Cuenca alta del río Bermejo.

Referencia para citar: Montes Quinteros, M. y Vicario, L. 2026. *Actualización del análisis de Vulnerabilidad a las sequías en tres cuencas hidrográficas de Argentina: cuenca del río Carcarañá, Limay y cuenca alta del río Bermejo*. Informe científico-técnico. Instituto Nacional del Agua (INA). Subgerencia Centro de la Región Semiárida. Sitio web: <https://www.ina.gov.ar/cirsa/index.php?seccion=20>



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETOS DE ESTUDIO: CUENCAS HIDROGRÁFICAS	5
3. MARCO METODOLÓGICO	8
3.1 Selección de Indicadores de Vulnerabilidad y recopilación de información.....	8
3.2 Análisis y procesamiento de la información.....	10
4. RESULTADOS	11
4.1 Cuenca del río Carcarañá	12
4.2 Cuenca del río Limay	15
4.3 Cuenca alta del río Bermejo.....	17
5. CONCLUSIÓN	21
6. RECOMENDACIONES	22
7. BIBLIOGRAFÍA	23

1. INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) destaca que “el cambio climático causado por el ser humano está afectando mediante fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, en todas las regiones del mundo. Hay pruebas de los cambios observados en fenómenos extremos tales como olas de calor, precipitaciones intensas, sequías y ciclones tropicales” (IPCC, 2023).

Entre estos fenómenos, las sequías se perfilan como una de las amenazas más severas, debido a su capacidad para desestabilizar sistemas socioeconómicos y ambientales, contribuyendo a crisis hídricas y alimentarias. La sequía constituye un fenómeno natural poco predecible y de naturaleza variable (Kim *et al.*, 2002). La misma se expresa como una amenaza/peligro cuando adquiere determinado grado de intensidad, magnitud, extensión del impacto y/o recurrencia. Cuando se presenta en sistemas socioeconómicos y/o ambientales vulnerables, puede desestabilizarlos y contribuir a crisis hídricas y alimentarias (Renda, 2017).

El riesgo a la sequía nace de la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad del sistema, como se observa en la Fig. 1 y se prevé su incremento en el futuro (Tabari y Willems, 2023).

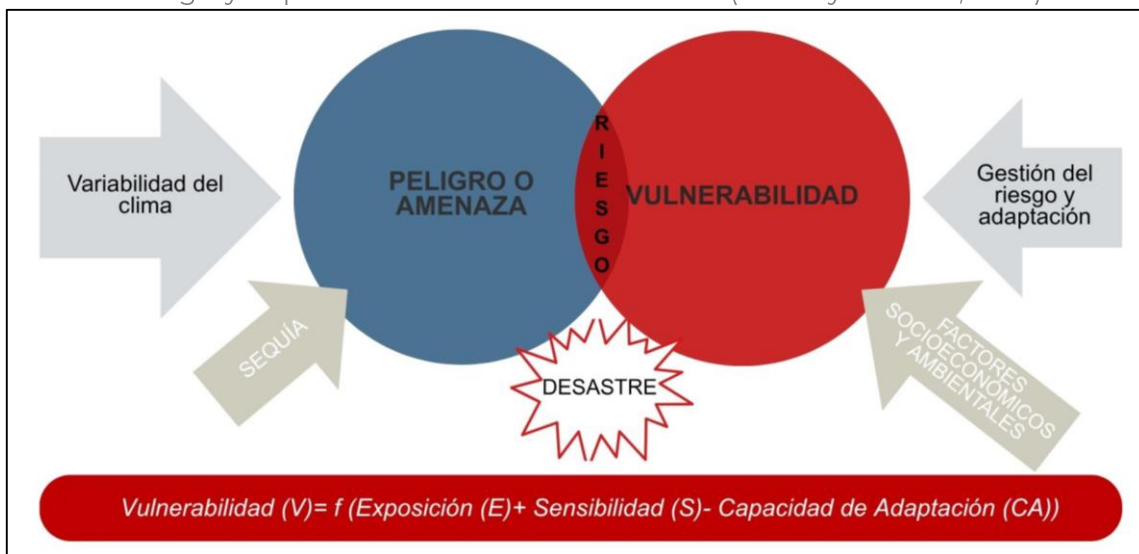


Fig. 1 Diagrama de la estructura de riesgo bajo cambio climático. (Fuente: elaboración propia a partir de Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, 2018)

Los riesgos por sequía aumentan rápidamente en muchas partes del mundo ya que, el cambio climático incrementa la frecuencia y la gravedad del fenómeno en cuestión. Las poblaciones vulnerables y los ecosistemas afectados siguen infrarrepresentados en las decisiones de gestión, la atención política y el financiamiento; esto no responde a las necesidades en el aumento de la resiliencia ante la sequía a nivel mundial (Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación: CNUCLD, 2024). Una de las maneras de reducir dicho riesgo es gestionar la vulnerabilidad (CNUCLD, 2019), la cual depende de factores sociales, económicos y ambientales. La vulnerabilidad a las sequías es la susceptibilidad que posee un sistema (región, comunidad, etc.), a los efectos dañinos de la amenaza que representa la sequía (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: PNUD, 2011). Este concepto está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación del sistema.

Asimismo, las sequías combinadas con una gestión del agua ineficaz, insostenible o desigual, amenazan la vida y los medios de vida de las personas (Comisión Europea y CNUCLD, 2024). Si bien,

este trabajo considera únicamente las condiciones que incrementan o reducen la susceptibilidad a la sequía, a través de determinados indicadores, sus resultados se consideran fundamentales para diseñar estrategias que fortalezcan la resiliencia de las regiones más afectadas.

Dentro de este contexto, el objetivo fue estimar e identificar zonas susceptibles dentro del territorio argentino. Para ello, se adoptó la metodología estadística desarrollada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2015), para analizar la vulnerabilidad frente a las sequías a nivel cuenca. La misma propone conformar indicadores e índices que permiten elaborar mapas de vulnerabilidad del tipo social, económico, ambiental y global, éste último es la integración de los primeros tres.

2. OBJETOS DE ESTUDIO: CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La metodología aplicada para evaluar la vulnerabilidad a las sequías del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua toma a la cuenca hidrográfica como unidad de estudio (IMTA, 2015).

Se seleccionaron tres cuencas de estudios las cuales fueron: cuenca del río Carcarañá (región Centro), del río Limay (región Patagonia) y cuenca alta del río Bermejo (región Noroeste). A continuación, se presenta la ubicación de las mismas en la Fig. 2.



Fig. 2 Ubicación relativa de las cuencas del río Carcarañá, río Limay y alta del río Bermejo dentro de la República Argentina. (Fuente: elaboración propia en QGIS 3.28.14 a partir de archivos shapefile descargadas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en su sitio web <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG> y del Geoportal de la Subsecretaría de Ambiente en su sitio web <https://ciam.ambiente.gob.ar/geovisor.php>, acceso en Noviembre de 2024)

La selección de dichas unidades de estudio, se ajustan a la premisa de que se encuentren en al menos tres regiones diferentes dentro del territorio nacional. Esto responde a la necesidad de analizar la vulnerabilidad a la sequía en contextos ambientales y socioeconómicos contrastantes. Además, para su elección se consideraron los siguientes aspectos:

- Representatividad en regiones que muestran una exposición considerable al fenómeno en cuestión (Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo: SINAGIR, 2023).
- Variabilidad de ocurrencias en los distintos tipos de sequías en el territorio argentino (Vicario, 2025).
- Exposición a sequías históricas en zonas de la Precordillera, Cuyo, valles andinos del NOA, norte de la Patagonia y ecorregiones como el Chaco Seco, Monte y Espinal (Subsecretaría de Ambiente, ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).
- Observaciones en cuanto a decremento de caudales medios en ríos de la cuenca del Plata, estrés hídrico al norte y oeste del país, potencial crisis del agua y retrocesos de glaciares en Cuyo y Patagonia (Subsecretaría de Ambiente, 2021).
- Disponibilidad y calidad de datos obtenidas, de fuentes oficiales públicas, para confeccionar los diferentes indicadores de vulnerabilidad, fueran pertinentes y con la calidad suficiente para la finalidad del estudio.

Para introducir brevemente las características de cada cuenca se señala que, la cuenca del río Carcarañá ubicada en la región centro del país, abarca aproximadamente 60.000 km² (Subsecretaría de Recursos Hídricos: SSRH, 2010) y se estima a partir de datos del Censo Nacional 2022 una población de 925.949 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina: INDEC, 2022). Se caracteriza por una fuerte presión antrópica asociada a cambios en el uso del suelo, principalmente vinculados a la expansión agrícola, lo que ha derivado en procesos de degradación ambiental, déficit hídrico y ocurrencia de sequías intensas y prolongadas (Montes Quinteros, 2025). La gestión institucional se encuentra a cargo del Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Río Carcarañá (CIRC), integrado por las provincias de Córdoba y Santa Fe, junto con el Estado Nacional.

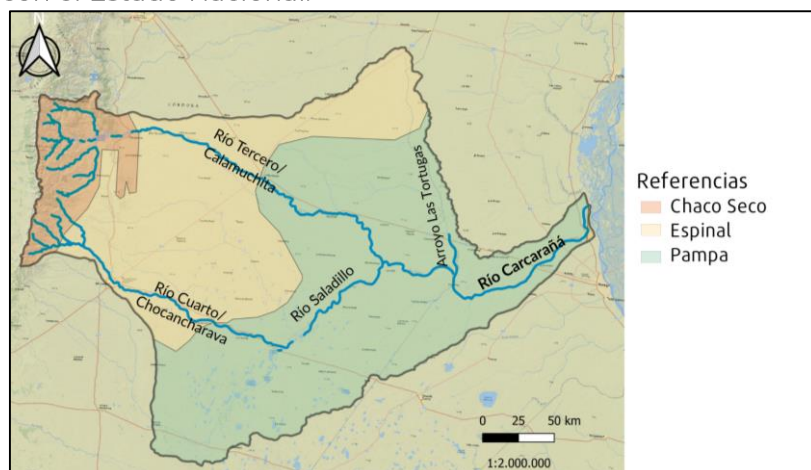


Fig. 3 Cuenca del río Carcarañá y las ecorregiones que lo conforman (Fuente: elaboración propia en QGIS 3.28.14 a partir de archivos shapefile descargados del Geoportal de la Subsecretaría de Ambiente en su sitio web <https://ciam.ambiente.gob.ar/geovisor.php> acceso en noviembre de 2024)

Por otra parte, la cuenca del río Limay localizada en la región patagónica, posee una superficie aproximada de 56.000 km² (SSRH, 2010) y una población estimada de 363.849 habitantes (INDEC, 2022). En esta cuenca, las principales problemáticas ambientales incluyen la ocurrencia de

incendios forestales, el retroceso de glaciares y el aumento en la frecuencia de eventos extremos como olas de calor y sequías más intensas (Montes Quinteros, 2025). La gestión institucional de la cuenca se encuentra bajo la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC).

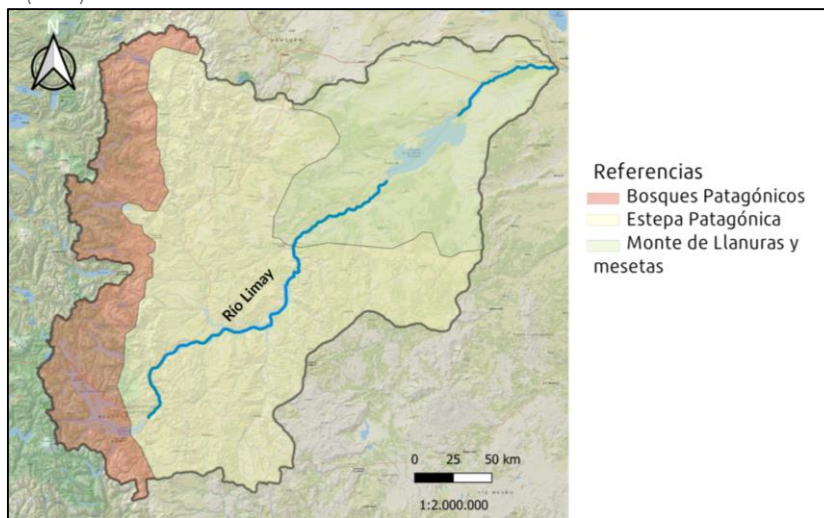


Fig. 4 Cuenca del río Limay y las ecorregiones que lo conforman (Fuente: elaboración propia en QGIS 3.28.14 a partir de archivos shapefile descargados del Geoportal de la Subsecretaría de Ambiente en su sitio web <https://ciam.ambiente.gob.ar/geovisor.php> acceso en noviembre de 2024)

Por último, la cuenca alta del río Bermejo ubicada en la región del NOA, abarca aproximadamente 50.191 km² (SSRH, 2010) y presenta una población estimada de 1.248.380 habitantes (INDEC, 2022). Esta región enfrenta procesos severos de erosión vinculados al avance de la actividad agrícola-ganadera, junto con una tendencia a la disminución de las precipitaciones (Montes Quinteros, 2025). La gestión institucional se estructura a través de organismos de carácter internacional y regional, como la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE) y la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE).

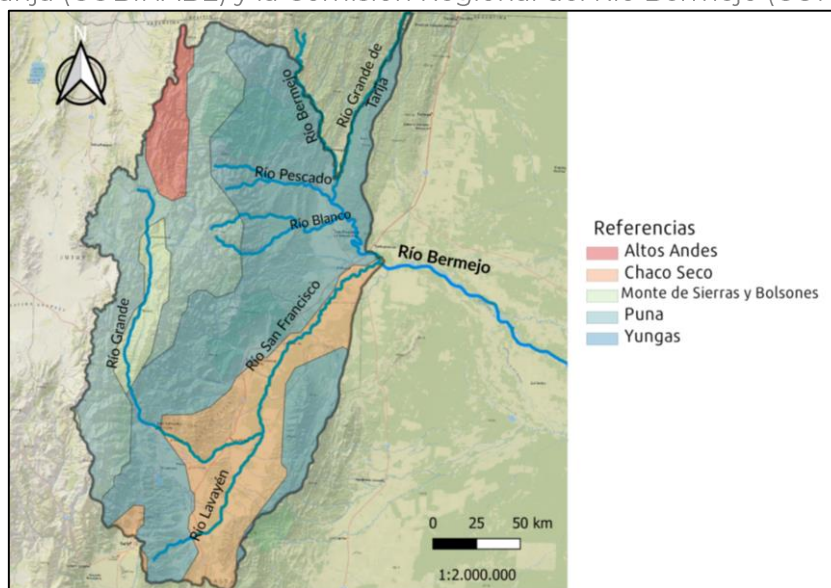


Fig. 5 Cuenca alta del río Bermejo y las ecorregiones que lo conforman (Fuente: elaboración propia en QGIS 3.28.14 a partir de archivos shapefile descargados del Geoportal de la Subsecretaría de Ambiente en su sitio web <https://ciam.ambiente.gob.ar/geovisor.php> acceso en noviembre de 2024)

La diversidad de condiciones demográficas, ambientales (observadas a través de sus ecorregiones en la Fig. 3 a

Fig. 5), climáticas y de gestión presentes en las cuencas seleccionadas permiten evaluar la vulnerabilidad a la sequía en contextos heterogéneos, facilitando la identificación de posibles patrones espaciales y particularidades.

3. MARCO METODOLÓGICO

A través de la metodología propuesta por el IMTA se analizaron cuatro tipos de vulnerabilidad ante las sequías: social, económica, ambiental y global. La vulnerabilidad social refiere a la inseguridad e indefensión que experimentan las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida ante el impacto causado por la sequía, debido a dificultades de acceso a servicios como la salud, educación agua, entre otros. La vulnerabilidad económica se formula a partir de la relación indirecta entre los niveles de ingreso y el impacto de la sequía, provocando el aumento de riesgo de padecer el desastre por la falta de financiamiento a la producción, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, etc. La vulnerabilidad ambiental está relacionada con la susceptibilidad intrínseca del medio o los servicios ecosistémicos a sufrir daños por la falta de agua. Los ecosistemas resultan altamente vulnerables ante amenazas como la sequía debido a la sobreexplotación de cuencas y acuíferos, deforestación, incendios forestales, etc. La vulnerabilidad global integra los tres tipos de vulnerabilidad descritos (IMTA, 2015).

La metodología se aplicó individualmente por cada cuenca de estudio. La misma consta de nueve etapas, véase Fig. 6.



Fig. 6 Etapas para la aplicación de la metodología propuesta por el IMTA (Fuente: IMTA, 2015)

3.1 Selección de Indicadores de Vulnerabilidad y recopilación de información

Los indicadores conformados (Tabla 1) son comunes a las tres cuencas, lo cual permite una comparación relativa entre ellas. Por otro lado, se estimaron por departamento dentro de cada cuenca.

INFORME INA - SCIRSA

Tabla 1. Indicadores sociales, económicos y ambientales seleccionados y fuente de datos. (Fuente: Elaboración propia)

TIP O	INDICADOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	Link
SOCIAL	Población sin obra social	CENSO 2022-INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)	https://portalgeoestadistico.indec.gov.ar/
	Población que no cuenta con asistencia escolar		
	Población con provisión de agua por red pública		
	Población con provisión de agua por fuentes subterráneas		
	Población con provisión de agua por fuentes superficiales		
	Población que cuenta con red de cloacas		
	Población que emplea gas y electricidad de red para cocinar		
	Población que emplea otras formas de energía para cocinar (Gas en tubo, garrafa, leña o carbón u otro combustible)		
ECONÓMICA	Población que no cuenta con acceso a internet en su vivienda	Censo 2022- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)	https://portalgeoestadistico.indec.gov.ar/
	Grupos etarios vulnerables		
	Densidad poblacional		
	Población económicamente activa (PEA)		
	Población económicamente activa: desocupada		
ECONÓMICA	Población de actividad agrupada: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.	Estimaciones agrícolas (campañas desde el 69')- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca)	https://datosestimaciones.magyp.gov.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones
	Población de actividad agrupada: industria manufacturera		
	Superficie cosechada		
	Rendimiento agrícola		

	Superficie regada con sistema gravitacional	Censo Nacional Agropecuario 2018- INDEC	https://consultascna2018.indec.gob.ar/
	Días con focos de incendio	Reportes de Incendios del Manejo del Fuego- Ministerio de Ambiente y Desarrollo.	https://www.argentina.gob.ar/seguridad/servicio-nacional-de-manejo-del-fuego/evaluacion-de-peligro-y-alerta-temprana/reporte
	Áreas protegidas	Centro de Información Ambiental CIAM- Subsecretaría de Ambiente	https://ciam.ambiente.gob.ar/repositorio.php?tid=6
AMBIENTAL	Indicador de aridez	Atlas climático 2010 y Evolución de la aridez en Argentina	Pablo De Grande y Josefina Pedicino (2023). Elevación, precipitaciones y temperaturas medias. https://poblaciones.org/@167401 . Evolución de la aridez en Argentina: Comparación entre regiones e índices climáticos (1961-2018). Pedro S. Blanco – Moira E. Doyle Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA), Argentina.
	Contribución de caudal que aporta la porción de la cuenca dentro del depto.	Centro de Información Ambiental CIAM- Subsecretaría de Ambiente	https://ciam.ambiente.gob.ar/repositorio.php?tid=6#

Los procedimientos de cálculo utilizados para obtener cada indicador han sido previamente desarrollados en el Informe Técnico Final (Montes Quinteros, 2025). Para mayor detalle, se recomienda su consulta.

3.2 Análisis y procesamiento de la información

Posteriormente, se agruparon los indicadores según su impacto sobre la vulnerabilidad, clasificándolos en aquellos que la incrementan o la reducen. Este paso es necesario para la normalización de los mismos, ya que están en diferentes unidades y hay que expresarlos en valores adimensionales que oscilen en un rango cerrado entre 0 y 1.

INFORME INA - SCIRSA

Para llevar a cabo este procedimiento, inicialmente hay que identificar la relación funcional de cada indicador con respecto a la vulnerabilidad ante la sequía. Se identifican dos relaciones funcionales: una relación directa y una inversa del valor del indicador con la vulnerabilidad. La relación directa refiere al impacto de un indicador en el aumento de la vulnerabilidad, mientras que la relación inversa implica que el indicador contribuye a reducirla.

Tabla 2. Clasificación de los indicadores ambientales, sociales y económicos según si aumentan o reducen la vulnerabilidad. (Fuente: elaboración propia)

Tipo de indicador	Indicador que impacta <u>aumentando</u> la vulnerabilidad	Indicador que impacta <u>reduciendo</u> la vulnerabilidad
Social	Población sin obra social Población que no cuenta con asistencia escolar Población que emplea otras formas de energía para cocinar (Gas en tubo, garrafa, leña o carbón u otro combustible) Población que no cuenta con acceso a internet Grupos etarios vulnerables	Población con provisión de agua de red pública Población con provisión de agua por fuentes subterráneas Población con provisión de agua por fuentes superficiales Población que cuenta con red de cloacas Población que emplea electricidad y gas de red para cocinar
Económico	Densidad poblacional Población desocupada Población de actividad agrupada: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca Población de actividad agrupada: industria manufacturera Superficie cosechada Superficie regada con sistema gravitacional	Población económicamente activa (PEA) Rendimiento agrícola
Ambiental	Indicador de aridez Días con focos de incendios	Áreas protegidas Caudal anual

Luego de la identificación de los indicadores y su impacto sobre la vulnerabilidad frente a las sequías, se procede a la normalización de los mismos.

Los procedimientos de cálculo y procesamiento estadístico, del paso N°5 en adelante en base a la metodología del IMTA (véase Fig. 6), han sido previamente desarrollados en detalle (Montes Quinteros, 2025). Para mayor detalle se recomienda su consulta.

4. RESULTADOS

En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de los indicadores sociales, económicos y ambientales, aplicando la metodología descripta para cada una de las cuencas abordadas.

La Tabla 3 sintetiza el porcentaje de área con niveles altos de vulnerabilidad, permitiendo una lectura comparativa de la variable y sus diferentes componentes en cada una de las cuencas de estudio.

Tabla 3. Sumatoria de los porcentajes del área de las cuencas bajo grado “Muy alto” y “Alto” en las distintas dimensiones de la Vulnerabilidad

Tipo de Vulnerabilidad	Área de la cuenca bajo vulnerabilidad “Muy Alta” y “Alta” [%]		
	Cuenca del río Carcarañá	Cuenca del río Limay	Cuenca alta del río Bermejo
Social	63	43	57
Económica	73	48	52
Ambiental	24	28	33
Global	68	81	47

Los valores presentados en la Tabla 3 constituyen una actualización en la dimensión ambiental respecto a los resultados obtenidos en el estudio precedente (Vicario y Montes Quinteros, 2025; Montes Quinteros 2025), en el cual los datos de focos de incendio abarcaban el período 2020-2023. En el presente trabajo, dicho indicador fue extendido para incorporar los registros correspondientes a los años 2024 y 2025. A nivel numérico, esta actualización generó modificaciones en los índices de vulnerabilidad ambiental de las tres cuencas, siendo el cambio más relevante el registrado en la cuenca alta del río Bermejo, que pasó a concentrar el mayor porcentaje de área bajo vulnerabilidad ambiental “Alta” y “Muy Alta” (33%) entre las tres cuencas analizadas, superando a la cuenca del río Limay (28%). Este resultado refleja el incremento en la ocurrencia de focos de incendio registrado en la cuenca alta del río Bermejo durante el período incorporado, lo que refuerza la relevancia de mantener actualizados los indicadores ambientales dinámicos en este tipo de estudios.

Se destaca a la cuenca del río Carcarañá con mayor porcentaje de superficie bajo vulnerabilidad social y económica y a la cuenca del río Limay con vulnerabilidad global.

A continuación, se presentan los resultados individuales por cuenca junto con la cartografía realizada, la cual permite visualizar la heterogeneidad territorial de la vulnerabilidad, así como identificar áreas donde se superponen condiciones desfavorables según los indicadores considerados.

4.1 Cuenca del río Carcarañá

En las Fig. 7 a Fig. 10 se presenta la distribución espacial del grado de vulnerabilidad frente a las sequías en la cuenca del río Carcarañá, considerando sus distintas dimensiones: social, económica, ambiental y global, a escala departamental.

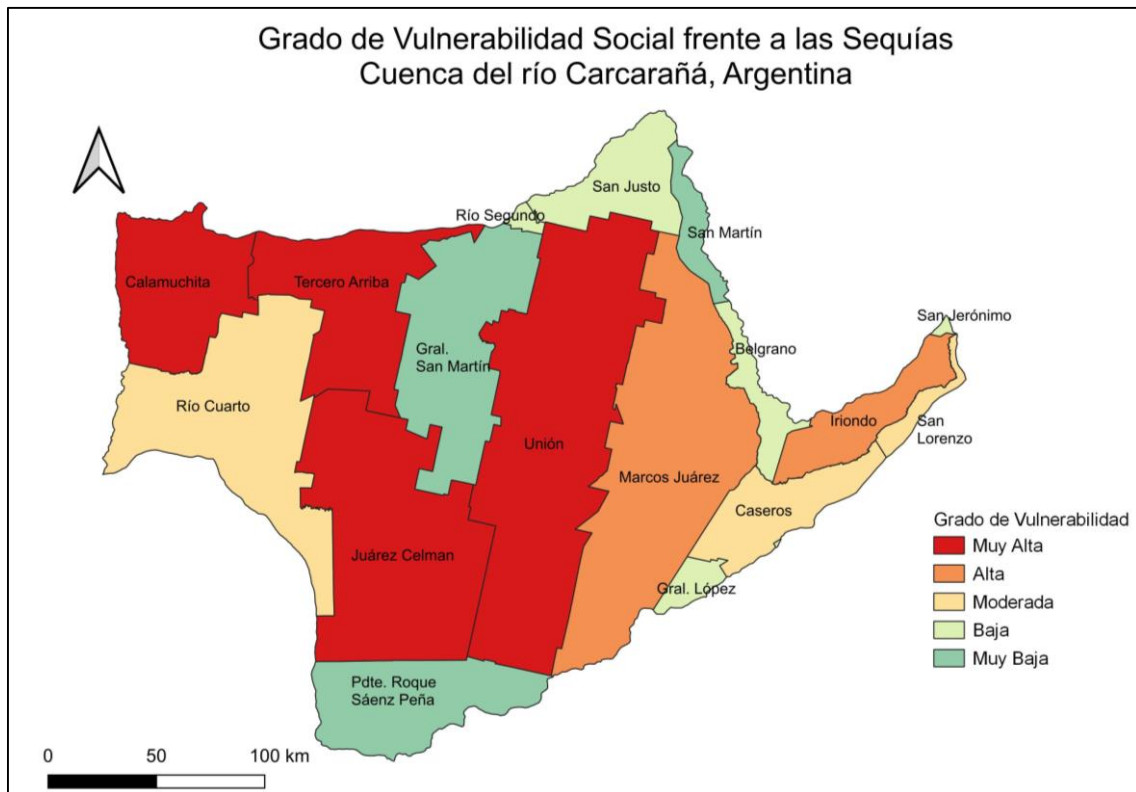


Fig. 7 Grado de Vulnerabilidad social en los departamentos que conforman la cuenca del río Carcarañá

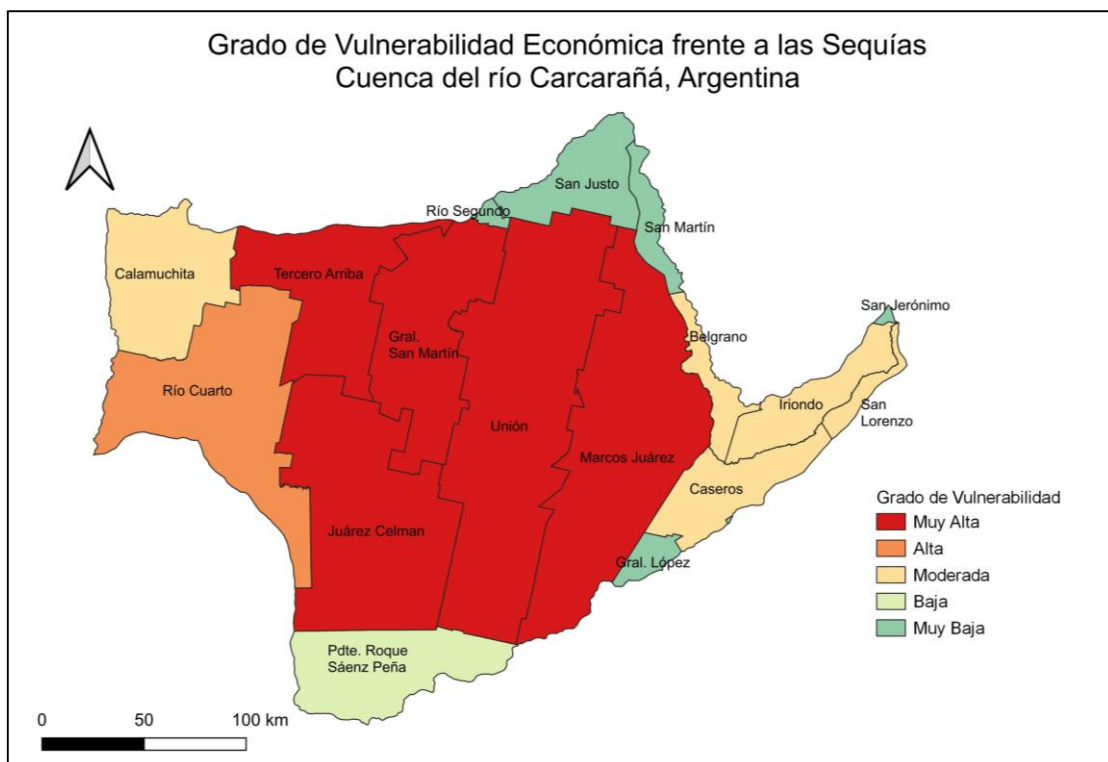


Fig. 8 Grado de Vulnerabilidad económica en los departamentos que conforman la cuenca del río Carcarañá

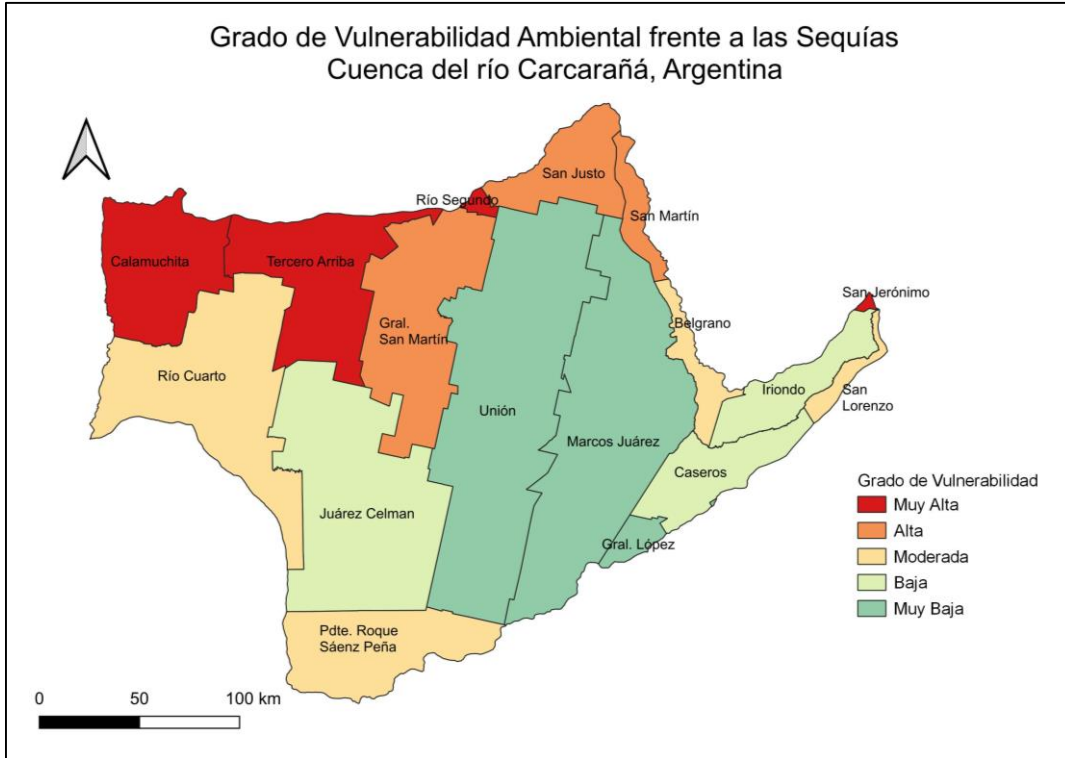


Fig. 9 Grado de Vulnerabilidad ambiental en los departamentos que conforman la cuenca del río Carcarañá

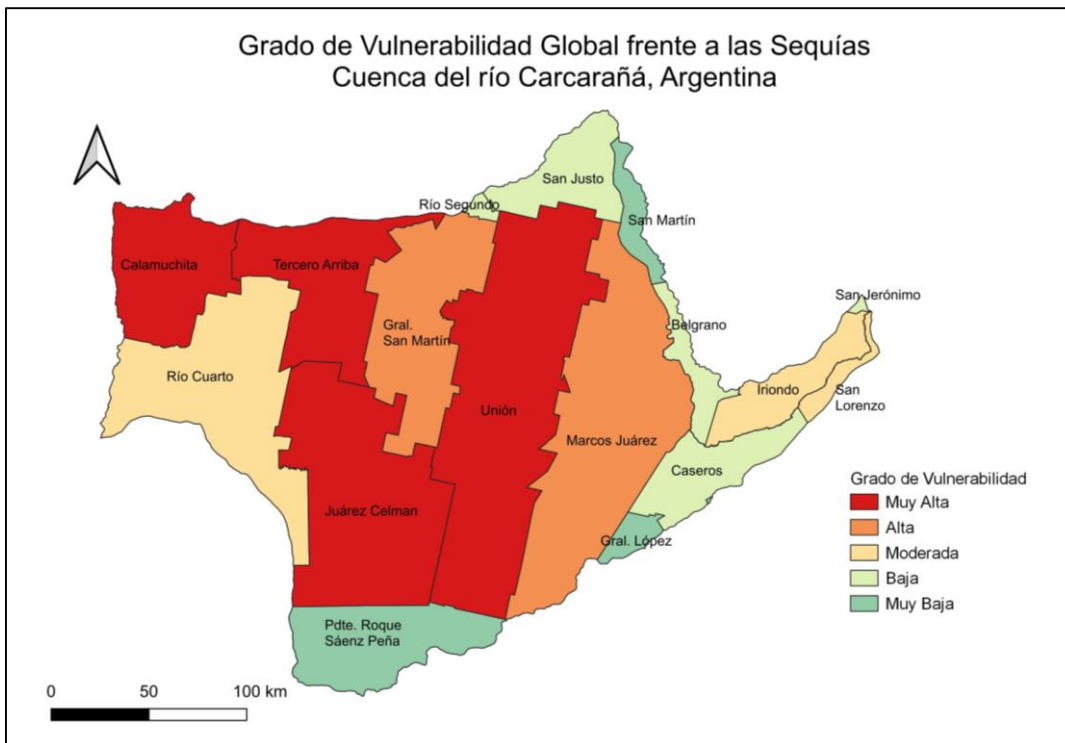


Fig. 10 Grado de Vulnerabilidad global en los departamentos que conforman la cuenca del río Carcarañá

A nivel cuenca, la vulnerabilidad económica es la que mayor superficie abarca bajo niveles altos y muy altos (73%, véase Tabla 3) concentrada en los departamentos de Tercero Arriba, Unión,

Marcos Juárez, Gral. San Martín y Juárez Celman, los cuales se encuentran al centro de la cuenca, teniendo en común la dependencia sobre la actividad agropecuaria, desocupación y el uso de riego gravitacional. Esta condición se superpone con una vulnerabilidad social elevada (63%, Tabla 3) en Calamuchita, Unión, Tercero Arriba y Juárez Celman, caracterizados por baja cobertura de obra social, cloacas, acceso a internet y uso de energías deficientes. La vulnerabilidad ambiental, en cambio, es la que menor espacio ocupa (24%, Tabla 3) y se concentra en Río Segundo, Calamuchita, Tercero Arriba y San Jerónimo, asociada a la alta ocurrencia de focos de incendios en el periodo de estudio y las condiciones de aridez. Como resultado de esta superposición, la vulnerabilidad global más alta se concentra íntegramente en la provincia de Córdoba, con Tercero Arriba, Unión, Calamuchita y Juárez Celman en grado Muy Alto.

4.2 Cuenca del río Limay

En las Fig. 11 a Fig. 14 se presenta la distribución espacial del grado de vulnerabilidad frente a las sequías en la cuenca del río Limay, considerando sus distintas dimensiones: social, económica, ambiental y global, a escala departamental.

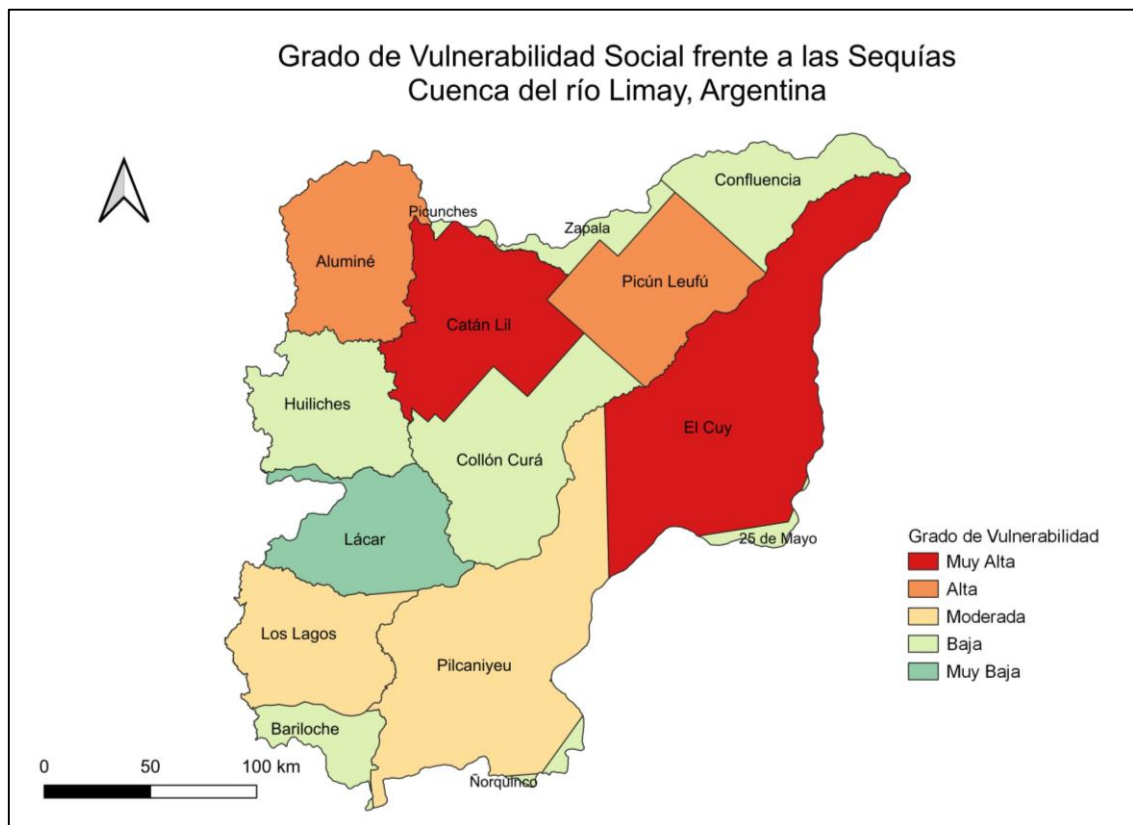


Fig. 11 Grado de Vulnerabilidad social en los departamentos que conforman la cuenca del río Limay

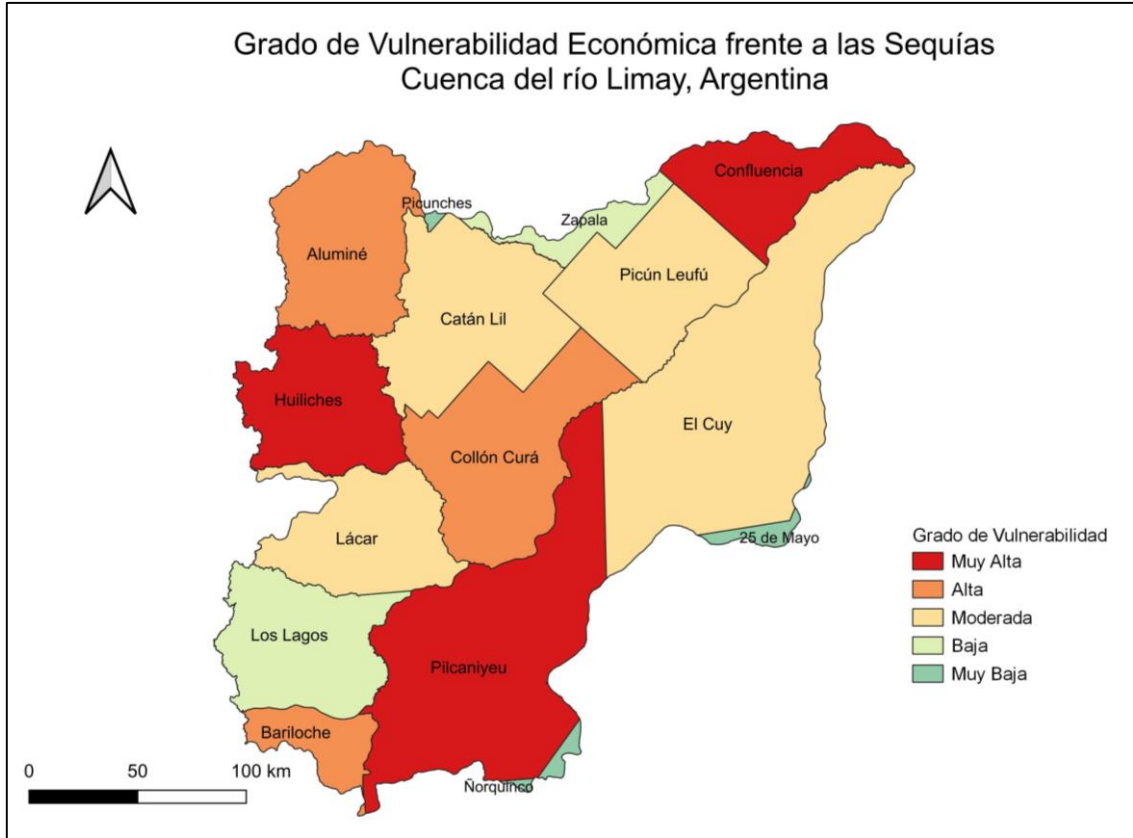


Fig. 12 Grado de Vulnerabilidad económica en los departamentos que conforman la cuenca del río Limay

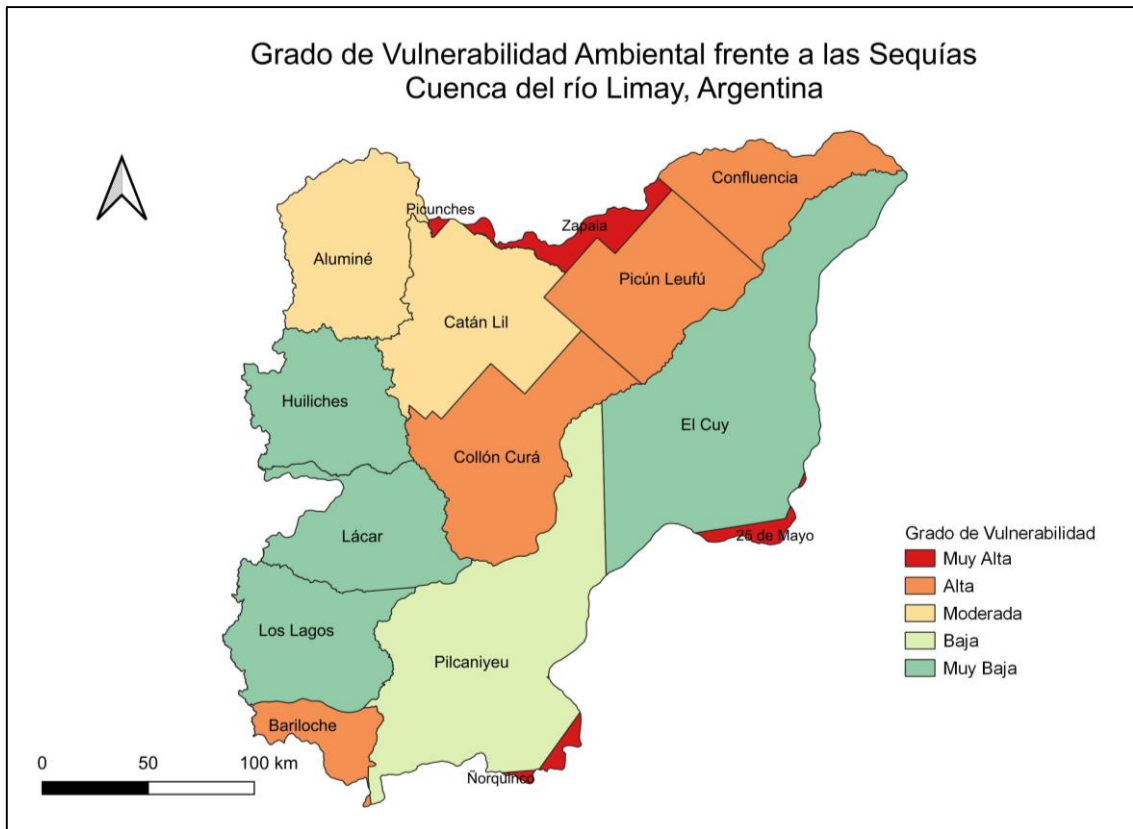


Fig. 13 Grado de Vulnerabilidad ambiental en los departamentos que conforman la cuenca del río Limay

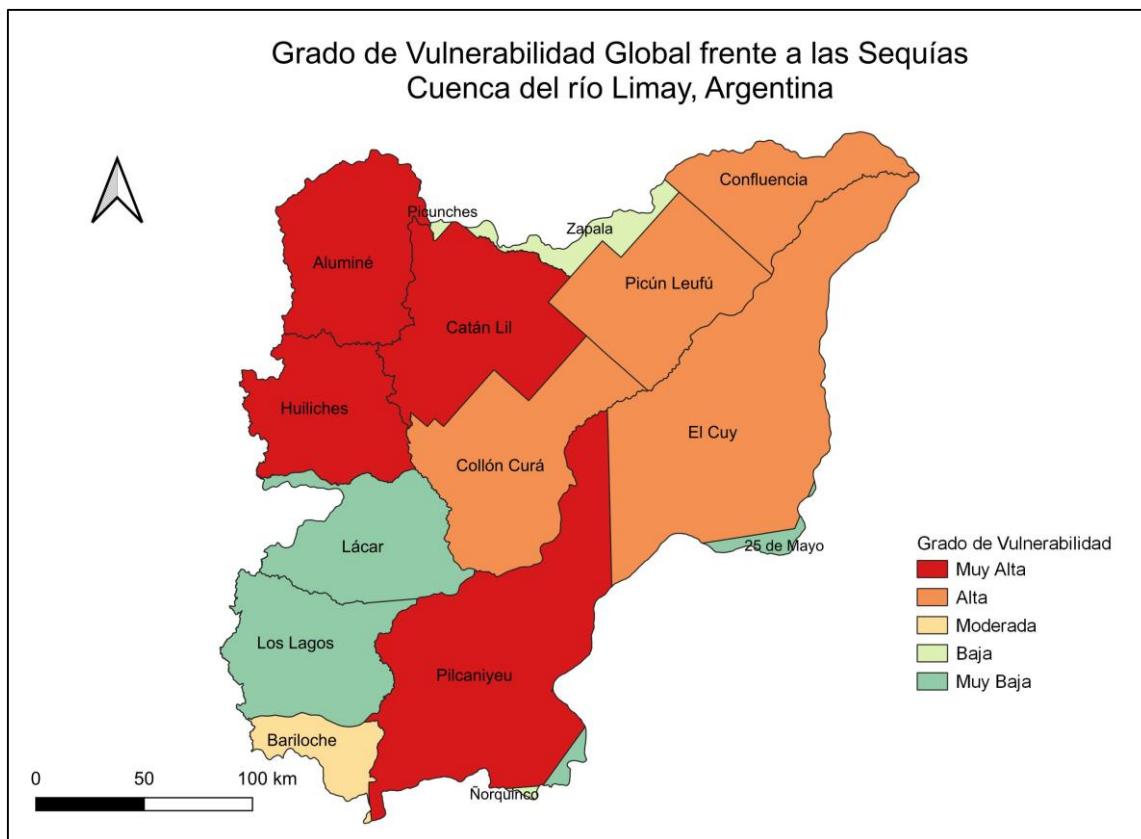


Fig. 14 Grado de Vulnerabilidad global en los departamentos que conforman la cuenca del río Limay

En la cuenca del río Limay, la vulnerabilidad económica (48%, Tabla 3) se concentra en Huiliches, Pilcaniyeu y Confluencia, vinculada a la alta desocupación, actividad manufacturera y dependencia del riego gravitacional. La vulnerabilidad social (43%, Tabla 3) afecta a los departamentos de Catan Lil y El Cuy, debido a la baja cobertura de servicios básicos y alta proporción de grupos etarios vulnerables. La componente ambiental (28%, Tabla 3) incide mayormente en los departamentos de Collón Cura, Picún Leufú, Confluencia, Bariloche, Picunches, Zapala, Ñorquínco y 25 de Mayo (aunque los últimos cuatro poseen un área relativamente reducida en comparación con los departamentos restantes) marcadas por las condiciones de aridez, y escasa cobertura de áreas protegidas. En particular, Bariloche posee una alta proporción de áreas protegidas sin embargo, presenta una alta ocurrencia de focos de incendios en el periodo analizado y actualizado. La elevada vulnerabilidad global resulta de la acumulación de condiciones desfavorables en distintas componentes de la vulnerabilidad a lo largo de gran parte del territorio, con Catán Lil, Aluminé, Huiliches y Pilcaniyeu como los departamentos más comprometidos.

4.3 Cuenca alta del río Bermejo

En las Fig. 15 a Fig. 18 se presenta la distribución espacial del grado de vulnerabilidad frente a las sequías en la cuenca alta del río Bermejo, considerando sus distintas dimensiones: social, económica, ambiental y global, a escala departamental.

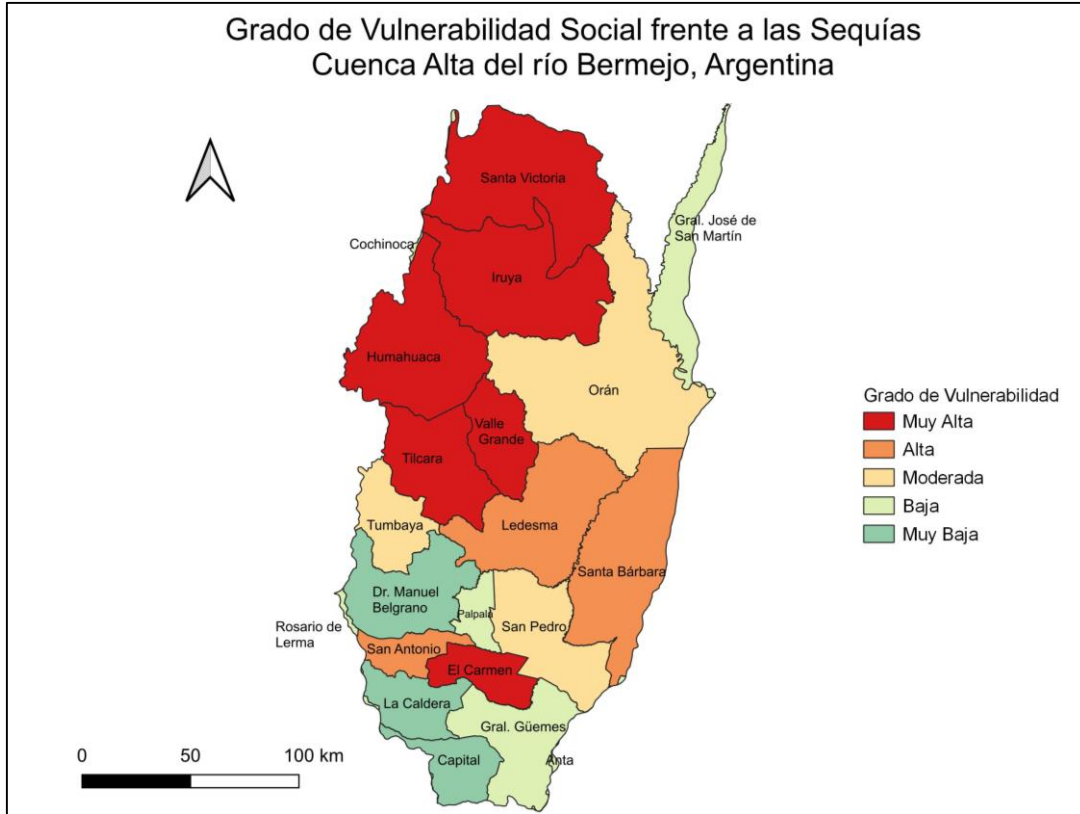


Fig. 15 Grado de Vulnerabilidad social en los departamentos que conforman la cuenca alta del río Bermejo

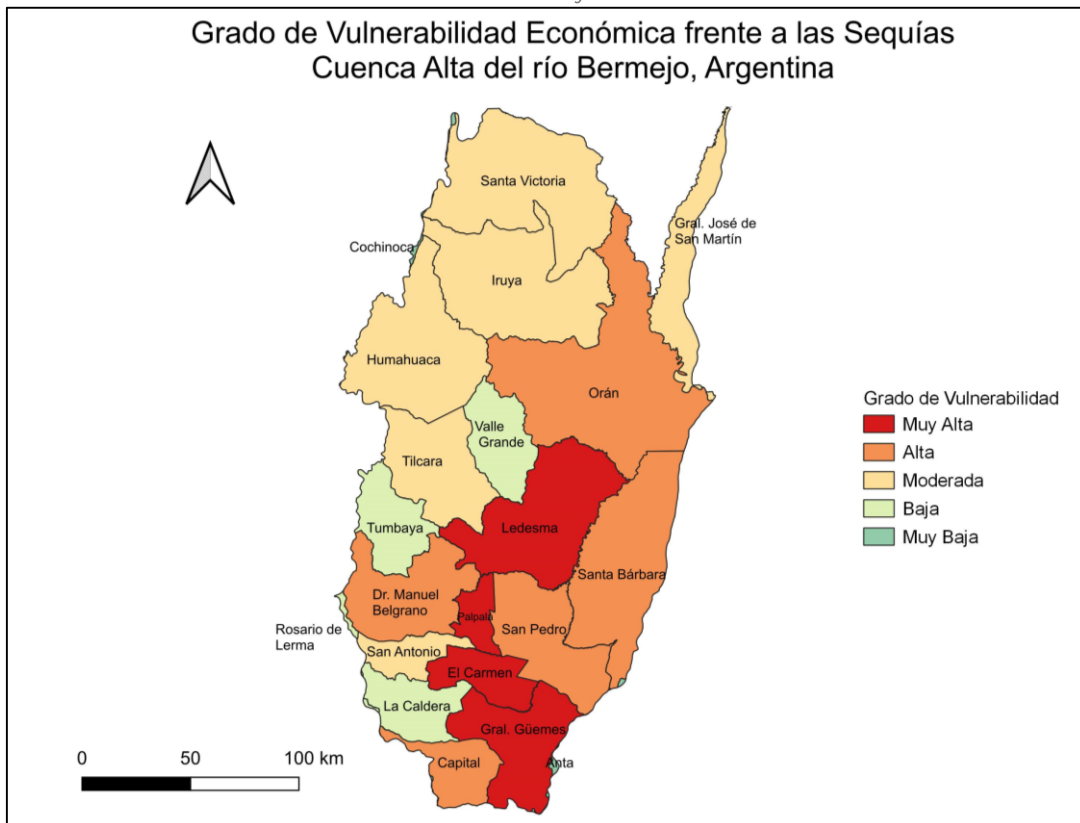


Fig. 16 Grado de Vulnerabilidad económica en los departamentos que conforman la cuenca alta del río Bermejo

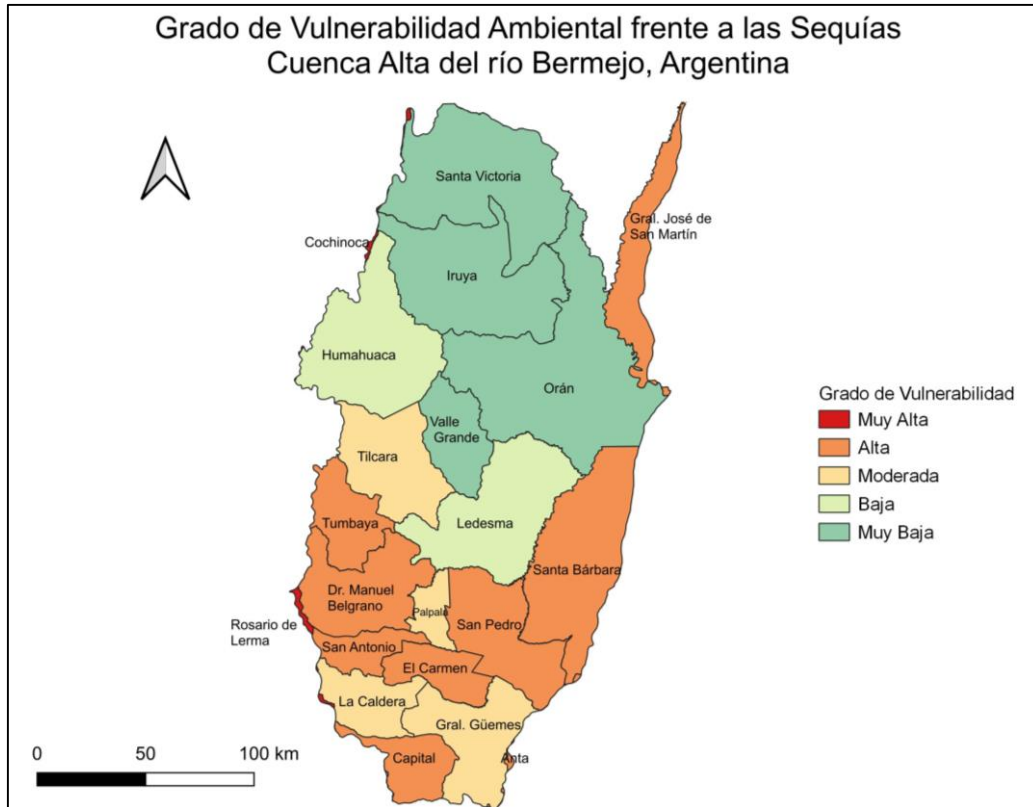


Fig. 17 Grado de Vulnerabilidad ambiental en los departamentos que conforman la cuenca alta del río Bermejo

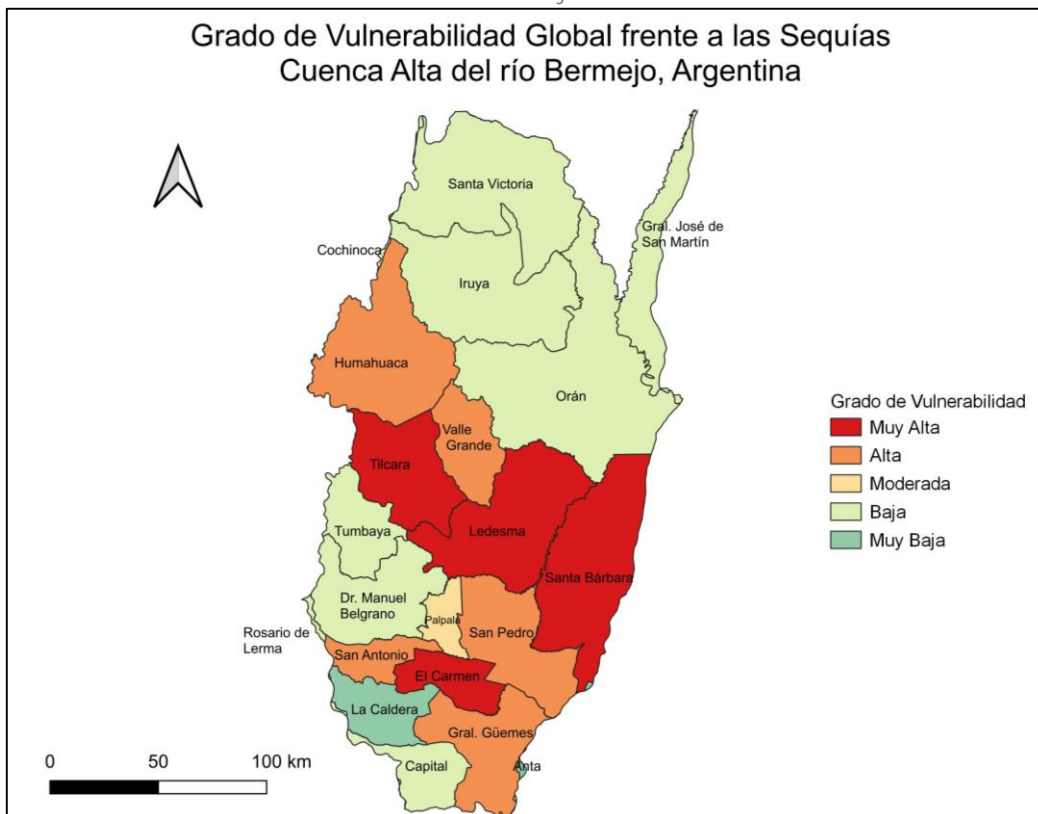


Fig. 18 Grado de Vulnerabilidad global en los departamentos que conforman la cuenca alta del río Bermejo

En la cuenca alta del río Bermejo, la vulnerabilidad social es la dimensión predominante (57%, Tabla 3), con los valores más altos concentrados en los departamentos al norte de la cuenca: Santa Victoria, Iruya, Humahuaca, Tilcara y Valle Grande; donde se combinan la carencia de obra social, baja asistencia escolar, dependencia de energías alternativas no eficientes y alta proporción de grupos etarios vulnerables. La vulnerabilidad económica (52%, Tabla 3) se desplaza hacia el centro y sur de la cuenca, con El Carmen, Ledesma, Palpalá y General Güemes como los departamentos más vulnerables, debido a su estructura productiva, alta densidad poblacional y dependencia del sector primario. La vulnerabilidad ambiental, actualizada al período 2020-2025, alcanza el 33% del área bajo niveles altos, superando en comparación con el primer informe, a la cuenca del río Limay (como se observa en la Tabla 4) como resultado del incremento en la ocurrencia de focos de incendios en los últimos años; los departamentos más afectados son Gral. José de San Martín, Tumbaya, Dr. Manuel Belgrano, San Antonio, El Carmen, San Pedro, Santa Bárbara, Capital, Cochinoca, Yavi y Rosario de Lerma (aunque estos tres últimos poseen un área relativamente reducida en comparación con los departamentos restantes).

Tabla 4. Comparación entre mapas de vulnerabilidad ambiental en las cuencas donde se registraron cambios del anterior y presente estudio

Periodo de tiempo de focos de incendios analizado	Mapas de vulnerabilidad ambiental	
	Cuenca del río Bermejo	Cuenca del río Limay
2020-2023 (Vicario y Montes Quinteros, 2025)		
2020-2025 (presente informe)		

Aquellos ubicados en áreas protegidas como la Quebrada de Humahuaca y la Reserva de Biósfera Las Yungas presentan los valores más bajos. La integración de estas tres dimensiones configura una vulnerabilidad global (47%, Tabla 3) concentrada en el centro de la cuenca, como se muestra en la Fig. 18, con Tilcara, Ledesma, Santa Bárbara y El Carmen como los departamentos de mayor vulnerabilidad relativa.

5. CONCLUSIÓN

El presente informe permite caracterizar la vulnerabilidad frente a las sequías en tres cuencas hidrográficas de Argentina con contextos ambientales, demográficos y productivos contrastantes, a partir de la conformación y posterior integración de indicadores sociales, económicos y ambientales mediante la metodología del IMTA. La definición de indicadores comunes resultó esencial para garantizar los mismos criterios de evaluación y posibilitar comparaciones significativas.

En la cuenca del río Carcarañá, la vulnerabilidad global se concentra espacialmente en el sector central de la provincia de Córdoba, donde la superposición de alta vulnerabilidad económica y social configura las zonas de mayor vulnerabilidad relativa. Al norte y oeste de la cuenca, la vulnerabilidad ambiental adquiere mayor relevancia, determinada principalmente por condiciones de aridez y ocurrencia de incendios.

En la cuenca del río Limay, la vulnerabilidad global es la de mayor extensión aérea entre las tres cuencas analizadas, aunque no responde a un gradiente espacial continuo, a diferencia del Carcarañá, sino a dinámicas locales asociadas a indicadores específicos. La vulnerabilidad ambiental se concentra en departamentos con alta ocurrencia de focos de incendio y condiciones de aridez, mientras que los sectores con mayor cobertura de áreas protegidas presentan valores sustancialmente menores. Esta heterogeneidad se replica en las dimensiones social y económica, donde las condiciones de la estructura productiva local y el acceso a servicios explican variaciones significativas entre departamentos geográficamente próximos.

En la cuenca alta del río Bermejo, el sector norte concentra la mayor vulnerabilidad social, mientras que el centro y sur presentan mayor vulnerabilidad económica, asociada a la dependencia de la actividad agropecuaria y a la presión sobre el territorio. La actualización del indicador de focos de incendio al período 2020-2025, determinó un incremento en la vulnerabilidad ambiental de esta cuenca; el porcentaje de área bajo niveles "Alto" y "Muy Alto" de vulnerabilidad ambiental, pasó de un 28% al 33%, reflejando un aumento en la ocurrencia de focos de incendio durante el período incorporado. En contraste, la cuenca del río Limay registró una disminución de este porcentaje, pasando del 37% al 28%. Como resultado de estas modificaciones, la cuenca alta del río Bermejo superó a la cuenca del río Limay en cuanto al porcentaje de área bajo niveles de vulnerabilidad ambiental altos, invirtiendo el orden registrado en el anterior estudio. La presencia de áreas protegidas actuaría como factor atenuante de dicha vulnerabilidad en determinados departamentos, lo cual se considera relevante ya que, el manejo inadecuado del suelo por actividades antropogénicas por uso agrícola, sobrepastoreo y la susceptibilidad geológica natural, genera graves problemas de erosión que producen un gran aporte de caudal sólido al río Bermejo, ocasionando la degradación de la calidad del agua y del suelo, y condicionando la calidad de vida de las comunidades que habitan la cuenca alta.

En general, los resultados revelan que la vulnerabilidad a las sequías en el territorio argentino no responde a un patrón uniforme, sino que refleja la heterogeneidad de los sistemas socioeconómicos y ambientales. La dimensión social predomina en contextos de alta

marginalidad y acceso limitado a servicios (NOA), la dimensión económica en áreas con mayor actividad productiva dependiente del recurso hídrico (centro), y la dimensión ambiental en zonas expuestas a incendios, aridez y menor cobertura de áreas protegidas.

Los mapas facilitaron la comprensión de las vulnerabilidades identificadas y constituyen una herramienta de valor tanto para los comités de cuenca como para los organismos gubernamentales responsables de la gestión de los recursos hídricos.

6. RECOMENDACIONES

Con respecto a la evaluación integral, la misma permitió considerar las características climáticas y geográficas, las condiciones sociales y económicas presentes en cada una de las cuencas. Se refuerza la importancia de los enfoques diferenciados para evitar generalizaciones que no representen las particularidades del territorio y sus comunidades. No obstante, el mayor desafío a lo largo del trabajo fue la recopilación y procesamiento de datos, dado que se requirió emplear fuentes oficiales y garantizar la disponibilidad de información común. Se distinguió una escasez de información para el desarrollo de indicadores ambientales y una disparidad en los datos disponibles, lo que limitó la incorporación de información potencialmente relevante y pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los sistemas de información oficiales y ampliar la infraestructura de monitoreo a nivel cuenca.

La cuenca del río Carcarañá abarca un gran porcentaje de área bajo altos niveles de vulnerabilidad social y económica. Dado el peso del sector agropecuario y su presión sobre los recursos hídricos, se considera primordial garantizar el uso eficiente del agua a través de estrategias como el desarrollo de tecnologías de optimización, captación y almacenamiento, el reúso, la implementación de buenas prácticas agrícolas, planes de financiamiento innovadores y programas de diversificación económica. Estas medidas resultan especialmente relevantes considerando la importancia socioeconómica de la región para el abastecimiento alimentario nacional e internacional.

En la cuenca del río Limay, la vulnerabilidad ambiental es la segunda más alta entre las cuencas analizadas. Esto podría deberse a las condiciones propias de aridez del territorio y a los recurrentes episodios de incendios que han afectado la región en los últimos años. Este hallazgo resulta relevante considerando el previsto retroceso de glaciares y la potencial crisis hídrica para la región, sumado a las frecuentes emergencias por sequía declaradas en los últimos 24 años y la baja de los caudales en los ríos cordilleranos en los últimos años. Por consiguiente, se recomienda enfocar los esfuerzos en políticas ambientales orientadas a la creación de áreas protegidas, lo cual han demostrado en este estudio ser un factor reductor de la vulnerabilidad ambiental, complementadas con estrategias de prevención y abordaje temprano frente a incendios, planificación integrada de los recursos hídricos a nivel cuenca y ordenamiento territorial.

En la cuenca alta del río Bermejo, la vulnerabilidad social es la que mayor porcentaje de área concentra bajo niveles altos, por lo que se considera prioritario orientar las líneas de acción hacia la mejora en el acceso a servicios básicos, la cobertura de salud y la reducción de la vulnerabilidad de los grupos etarios más expuestos. Asimismo, el incremento registrado en la vulnerabilidad ambiental, asociado al aumento de focos de incendio en el período 2020-2025, refuerza la necesidad de incorporar estrategias de prevención de incendios para evitar la degradación del suelo, el agua y la pérdida de biodiversidad, factores que agravan los impactos de la sequía.

Este estudio insiste en la necesidad de adoptar enfoques proactivos y de mitigación a largo plazo. Por lo tanto, se sugiere ampliar y dar continuidad a la temática de vulnerabilidad a las sequías, incorporando indicadores que brinden información sobre el estado de los suelos, la biodiversidad, el grado de deforestación y la explotación de acuíferos, con el fin de obtener índices ambientales más representativos. También resultaría de interés extender el análisis a otras cuencas hidrográficas del país no abarcadas en el presente estudio. Actualmente, el mismo se enmarca en una línea de trabajo más amplia dentro del instituto, que incluye la caracterización de la amenaza y el riesgo frente a las sequías.

Los hallazgos de la presente investigación constituyen un llamado a la acción para los tomadores de decisiones, las comunidades y las organizaciones académicas, con el fin de garantizar un trabajo en conjunto que incorpore estrategias orientadas a reducir la exposición, aumentar la resiliencia y desarrollar capacidades de adaptación. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan a la comprensión de la vulnerabilidad ante las sequías en Argentina, facilitando futuras investigaciones en evaluaciones de riesgo, planes de adaptación a la variabilidad y el cambio climático, y políticas de gestión de los recursos hídricos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agost Lisandro. (2015). *Cambio de la cobertura arbórea de la provincia de Córdoba: análisis a nivel departamental y de localidad (periodo 2000-2012)*. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2(2), 111-123. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEfYN/article/view/11502>

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2019). *Marco de la política de resiliencia, adaptación y gestión de la sequía: directrices técnicas de apoyo*. https://catalogue.unccd.int/1246_UNCCD_drought_resilience_technical_guideline_ES.pdf

Comisión Europea: Centro Común de Investigación, Toreti, A., Tsegai, D. y Rossi, L y Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2024). *Atlas mundial de sequías*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/3842670>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2015). *Manual para el cálculo de índices de vulnerabilidad ante la sequía en los organismos de cuenca en México*. <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/11/1671>. Actualizado según artículo recomendado: Ortega-Gaucín, D., De la Cruz Bartolón, J., & Castellano Bahena, HV. (2018). Índices de Vulnerabilidad a la Sequía en México. Agua, 10 (11), 1671 (<https://doi.org/10.3390/w10111671>)

Kim, T., Valdés J. B. and Aparicio J. (2002). *Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico*. IWRA, Water International. 27(3), 420-430.

Subsecretaría de Ambiente, ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). (2020). *Reporte final sobre las bases para una estrategia nacional de adaptación y mitigación de los efectos de la sequía en la República Argentina*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_sequia_2021.pdf

Subsecretaría de Ambiente, ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAYDS). (2021). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2021*. https://agenciatierraviva.com.ar/wp-content/uploads/2022/11/Invetario_Naciona_Gases_Efecto_Invernadero_2021.pdf

Montes Quinteros Marianela. (2025). *Análisis de vulnerabilidad a las sequías en tres cuencas hidrográficas de Argentina*. Prácticas Supervisadas carreras Ingeniería Civil y Ambiental. Facultad de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Acceso en sitio web: <http://hdl.handle.net/11086/559720>

Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2011). *Mainstreaming Drought Management- A Primer*. United Nations Development Program. Drylands Development Centre. Nairobi, Kenya. *Mainstreaming DRM-English.pdf*

Renda Emilio et al. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. 1a ed. ilustrada. Buenos Aires: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD; Argentina: Ministerio de Seguridad de la Nación, 2017. <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/Manual-elaboracion-mapas-riesgo.pdf>

Subsecretaria de Recursos Hídricos: SSRH. (2010). Cuenca del río Carcarañá. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/31.pdf>

Subsecretaria de Recursos Hídricos: SSRH. (2010). Cuenca del río Bermejo. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/18_nueva.pdf

Subsecretaria de Recursos Hídricos: SSRH. (2010). Cuenca del río Limay. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/63.pdf>

Tabari, H., Willems, P. (2023). *Sustainable development substantially reduces the risk of future drought impacts*. *Commun Earth Environ* 4, 180. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00840-3>

Vicario, Leticia y Montes Quinteros, Marianela. (2025). *Avances en temática de vulnerabilidad a las sequías en Argentina*. Informe expeditivo. Instituto Nacional del Agua (INA). Subgerencia Centro de la Región Semiárida. Sitio web: <https://www.ina.gob.ar/cirsa/index.php?seccion=20>

Vicario, Leticia. (2025). *Análisis de distintos tipos de sequías a nivel regional en el territorio argentino (2020-2024)*. Informe científico-técnico. Instituto Nacional del Agua (INA). Subgerencia Centro de la Región Semiárida. Sitio web: <https://www.ina.gob.ar/cirsa/index.php?seccion=20>