SERIE DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN · INSTITUTO DEL AGUA · UCCuyo

Seguridad alimentaria, balance hídrico y dinámica demográfica en San Juan (2026–2056)

Informe técnico extendido

Prof. Ing. Luis F. Jiménez
Profesor Emérito y Director del Instituto del Agua
Facultad de Ciencias Químicas y Tecnológicas, Universidad Católica de Cuyo (UCCuyo), San Juan, Argentina
Área temática: ingeniería económica, gestión integral de recursos hídricos y economía de recursos naturales

Resumen

Se analiza la seguridad alimentaria de la provincia de San Juan con un horizonte de treinta años (2026–2056), integrando la dinámica demográfica, la oferta hídrica superficial bajo restricción climática y la demanda de los sectores urbano, minero y agrícola. Como se observa en la simulación del balance hídrico, de mantenerse la eficiencia global de riego del 45 % resultaría un déficit estructural de 270 hm³/año, que obligaría a retirar entre 15.000 y 22.000 ha del cinturón verde del Valle de Tulum. Por el contrario, elevando la eficiencia al 75–80 % se obtendría un superávit de 170 hm³/año y se preservarían las 80.000 ha cultivadas. Se proponen cuatro líneas de política pública, con la gobernanza del acuífero y la participación de los usuarios como eje.

Palabras clave: seguridad alimentaria, balance hídrico, eficiencia de riego, Valle de Tulum, minería, gobernanza del agua.

Abstract

This report analyzes food security in the province of San Juan (Argentina) over a thirty-year horizon (2026–2056), combining demographic dynamics, surface water supply under climate restriction, and urban, mining and agricultural water demand. If the overall irrigation efficiency remains at 45 %, a structural deficit of 270 hm³/year would force the withdrawal of 15,000 to 22,000 ha of the Tulum Valley green belt. Raising efficiency to 75–80 % would instead yield a surplus of 170 hm³/year and preserve the 80,000 ha currently cultivated. Four public policy lines are proposed, centered on aquifer governance and user participation.

Keywords: food security, water balance, irrigation efficiency, Tulum Valley, mining, water governance.

1. Introducción y planteamiento del problema

El análisis de la seguridad alimentaria de la provincia de San Juan, con una proyección a treinta años (2026–2056), exige trascender la perspectiva de la simple disponibilidad de alimentos en los mercados locales. En un oasis árido de regadío intensivo, caracterizado por los valles de Tulum, Ullum, Zonda y Jáchal, la seguridad alimentaria se vincula de forma directa con la resiliencia del sistema agroproductivo, con la gobernanza del agua y con la

estabilidad socioeconómica frente al inminente *boom* de la gran minería de cobre, oro y litio y a los flujos migratorios esperados en las próximas tres décadas.

El problema puede plantearse en tres ejes. Por un lado, la oferta hídrica superficial presenta una tendencia decreciente y estructural por efecto del cambio climático. En segundo lugar, la demanda de los sectores urbano, minero y agrícola crece simultáneamente, y compite por un recurso que es un bien público de uso compartido. En tercer lugar, la expansión urbana desordenada avanza sobre las tierras de mayor capacidad agrológica del cinturón verde. Por lo tanto, consideramos necesario cuantificar el balance de oferta y demanda y evaluar escenarios alternativos de gestión.

2. Marco conceptual: pilares para un oasis árido

Para abordar la complejidad del escenario alimentario sanjuanino en el horizonte 2056 entendemos conveniente adoptar un marco de cuatro dimensiones teóricas interconectadas, que se esquematiza en la Figura 1.

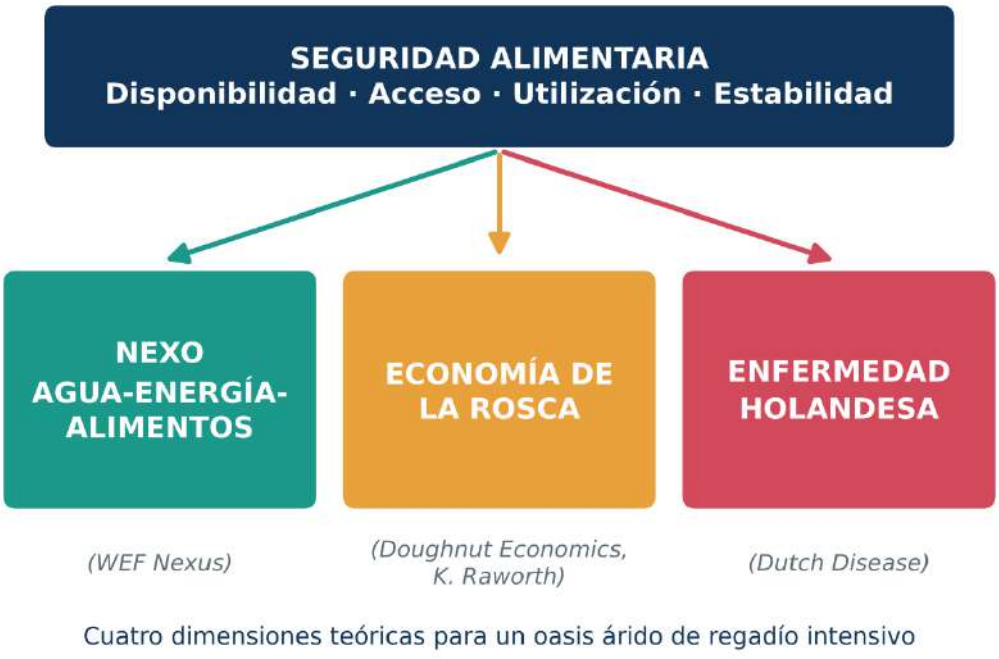


Figura 1. Marco conceptual del informe. Elaboración propia.

2.1. Las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria (FAO)



Figura 2. Dimensiones de la seguridad alimentaria según la FAO.

- **Disponibilidad:** es la capacidad de producción local de alimentos (frutihorticultura, vitivinicultura, cadenas pecuarias y granjas), frente a la peligrosa dependencia de la importación interprovincial desde la Pampa Húmeda u otras regiones.
- **Acceso:** resulta de la capacidad económica real de la población urbana y rural para adquirir alimentos, en un contexto inflacionario o de distorsión de precios inducida por los altos salarios del sector minero.
- **Utilización:** comprende la calidad nutricional, la inocuidad de los alimentos y, de manera crítica en los oasis cuyanos, la calidad fisicoquímica del agua destinada tanto al riego como al consumo humano.
- **Estabilidad:** mide la resiliencia del sistema agroalimentario frente a shocks climáticos extremos, como los ciclos prolongados de sequía nival, o a fluctuaciones macroeconómicas.

2.2. El nexo agua-energía-alimentos

Constituye el núcleo analítico para comprender cómo el incremento de la demanda de agua y energía por parte de la gran minería y de las ciudades compite directamente con los insumos que necesita la agricultura bajo riego en la cuenca.

2.3. El modelo de la rosca (*Doughnut Economics*) aplicado a oasis áridos

Siguiendo los postulados de Raworth (2017), este modelo establece dos límites fundamentales:

- **El techo ecológico:** está determinado por la capacidad de carga hídrica sostenible de los acuíferos y de los ríos cordilleranos (San Juan y Jáchal).
- **La base social:** queda definida por la garantía de soberanía nutricional, el mantenimiento de fuentes de trabajo agrícola dignas y el acceso universal al agua potable, evitando que el desarrollo extractivo desplace a la agricultura familiar y cooperativa.

2.4. El riesgo del "efecto holandés" (*Dutch Disease*)

Se trata de la situación en la cual la irrupción masiva de capitales y salarios en la minería de exportación absorbe mano de obra calificada, encarece los costos de producción agrícola, eleva el valor de la tierra y erosiona la competitividad de las cadenas agroalimentarias tradicionales de la provincia.

3. Vectores de impacto y proyecciones a treinta años (2026–2056)

3.1. Dinámica demográfica y expansión urbana

La población base de 2026 se estima en aproximadamente 825.000 habitantes. Impulsada por el crecimiento vegetativo y, de manera muy significativa, por la atracción migratoria directa e indirecta de los grandes proyectos mineros de la cordillera (Josemaría, Los Azules, El Pachón y Filo del Sol), la población provincial experimentará un incremento sustancial. Con una tasa de crecimiento anual acumulativa se tiene:

$$P(t) = P_0\,(1 + r)^{t}$$

donde P_0 = 825.000 hab. (2026), r es la tasa anual y t el tiempo en años.

Es decir que, para un escenario moderado con r = 1,3 %, la población alcanzaría **1.214.000 habitantes** en 2056, y **1.367.000 habitantes** bajo un escenario acelerado con r = 1,7 % (Figura 3).

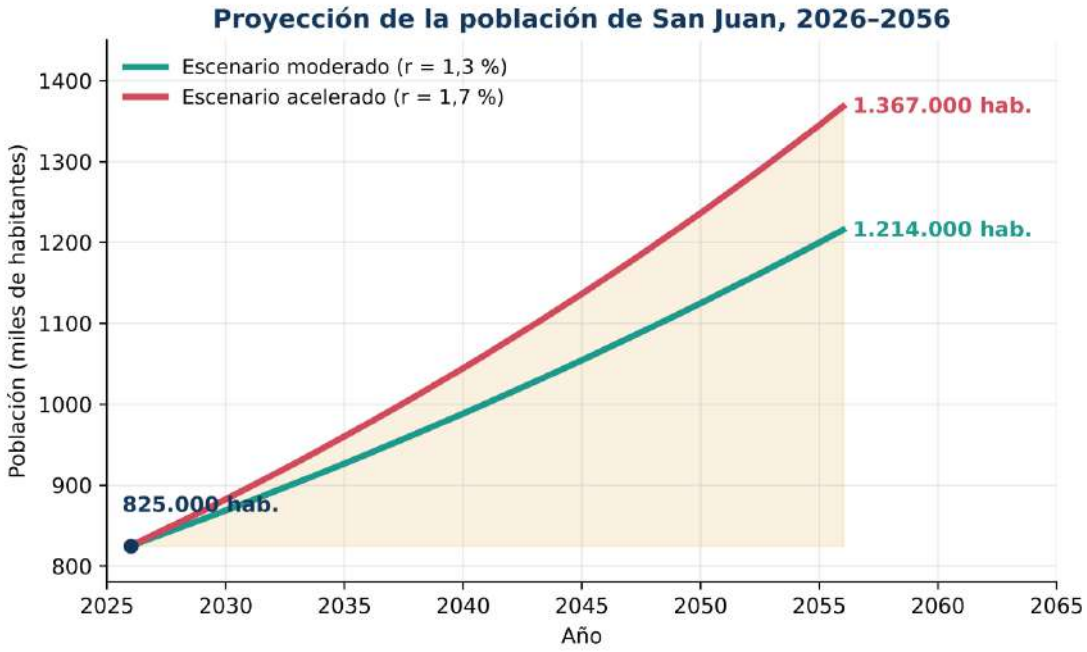


Figura 3. Proyección de la población de San Juan, 2026–2056.

Asimismo, este crecimiento intensifica la expansión urbana desordenada sobre tierras de altísima capacidad agrológica del cinturón verde del Valle de Tulum (departamentos Pocito, Rawson, Santa Lucía, Chimbas y Albardón), con la pérdida irreversible de hectáreas de producción hortícola periurbana.

3.2. Oferta hídrica superficial y cambio climático

La oferta hídrica de la provincia depende críticamente de la acumulación y de los derrames nivales de la cordillera de los Andes centrales. Las proyecciones climáticas señalan una tendencia decreciente y estructural en los caudales medios de los ríos San Juan y Jáchal. La conversión de caudal a volumen anual resulta de:

$$V_{anual}\,[\mathrm{hm^3}] = \frac{Q\,[\mathrm{m^3/s}] \times 31.536.000\ \mathrm{s}}{10^6}$$

donde Q es el caudal medio en m³/s y 31.536.000 s el número de segundos de un año.

- **Caudal medio histórico del río San Juan:** aproximadamente 60 m³/s, equivalentes a 1.892 hm³/año.
- **Oferta confiable bajo restricción climática (año seco):** aproximadamente 36 m³/s, que se traduce en una **oferta superficial disponible de 1.135 hm³/año**.

4. Simulación cuantitativa del balance hídrico

Para dar rigor técnico al informe se ajustaron las líneas de base sectoriales, destacando especialmente la corrección de la demanda de agua potable urbana. El balance se plantea como:

$$B = O - (D_u + D_m + D_a)$$

donde B es el balance, O la oferta confiable, D_u la demanda urbana e industrial, D_m la minera y D_a la agrícola, todas en hm³/año.

4.1. Desglose de la demanda hídrica actual y proyectada

Demanda urbana e industrial (agua potable). Se establece una línea base corregida de **180 hm³/año** de consumo actual en la provincia, con una configuración dual crítica en el Valle de Tulum: 90 hm³/año provienen de captaciones de agua superficial potabilizada y 90 hm³/año de la extracción directa, mediante baterías de pozos, del acuífero subterráneo. Hacia 2056, con una población de más de 1,2 millones de habitantes, esta demanda escalará a **240 hm³/año** (120 hm³/año superficiales y 120 hm³/año subterráneos), considerando mejoras parciales de eficiencia en las redes (Figura 4).

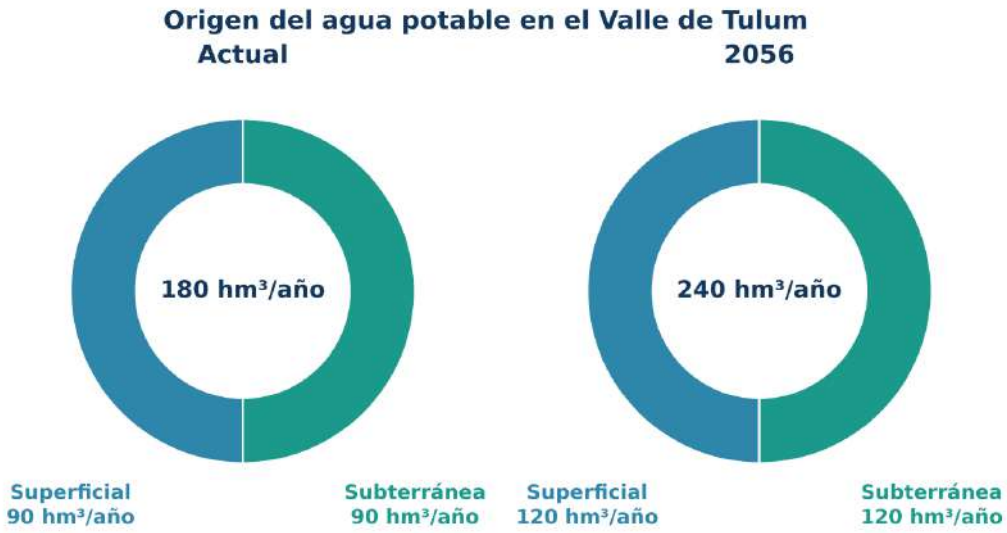


Figura 4. Origen del agua potable en el Valle de Tulum, actual y proyectado a 2056.

Demanda minera (alta cuenca). Con múltiples megaproyectos de cobre y litio en operación simultánea, la demanda directa se estima en el orden de **65 hm³/año**, con exigencias rigurosas de recirculación y monitoreo en las cabeceras de cuenca.

Demanda agrícola (riego). Abarca actualmente unas 80.000 ha cultivadas. Con una eficiencia global de riego tradicional estimada en el 45 %, que considera las pérdidas en la conducción por canales y en la aplicación en finca, la demanda bruta a la salida de los diques compensadores resulta:

$$V_b = \frac{V_n}{E_g}$$

donde V_b es el volumen bruto, V_n el volumen neto requerido por los cultivos y E_g la eficiencia global de riego.

Como se observa, la demanda bruta asciende a **1.100 hm³/año** (Figura 5).

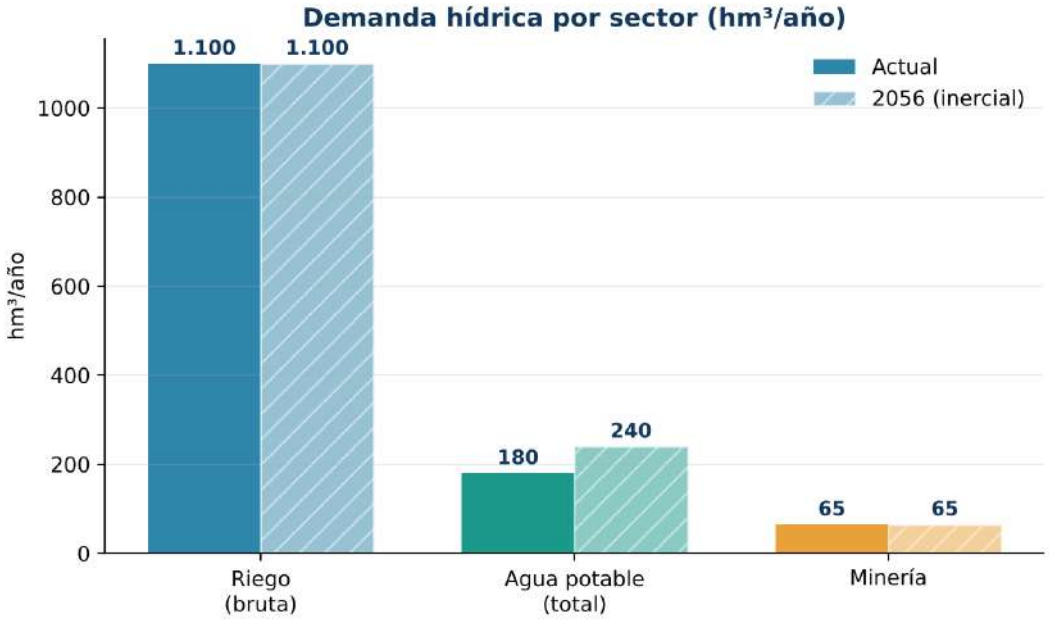


Figura 5. Demanda hídrica por sector, actual y proyectada a 2056 (hm³/año).

4.2. Modelado de escenarios hídricos al año 2056

Escenario A: modelo inercial y conflicto sectorial. Se mantiene la ineficiente eficiencia de riego del 45 % y la urbanización avanza sin planificación sobre el oasis. Con una oferta de 1.135 hm³/año y una demanda total de 240 + 65 + 1.100 = 1.405 hm³/año, resulta un **déficit anual estructural de 270 hm³/año**, con sobreexplotación severa del acuífero.

Escenario B: transición técnica y coexistencia sostenible. Presupone una inversión masiva en infraestructura hídrica que eleve la eficiencia global del riego al 75–80 %, junto con estrictas políticas de micromedición urbana. La demanda agrícola desciende a 660 hm³/año, y la demanda total a 240 + 65 + 660 = 965 hm³/año, de modo que resulta un **superávit de 170 hm³/año**, que permite la recarga del acuífero y garantiza la resiliencia del oasis.

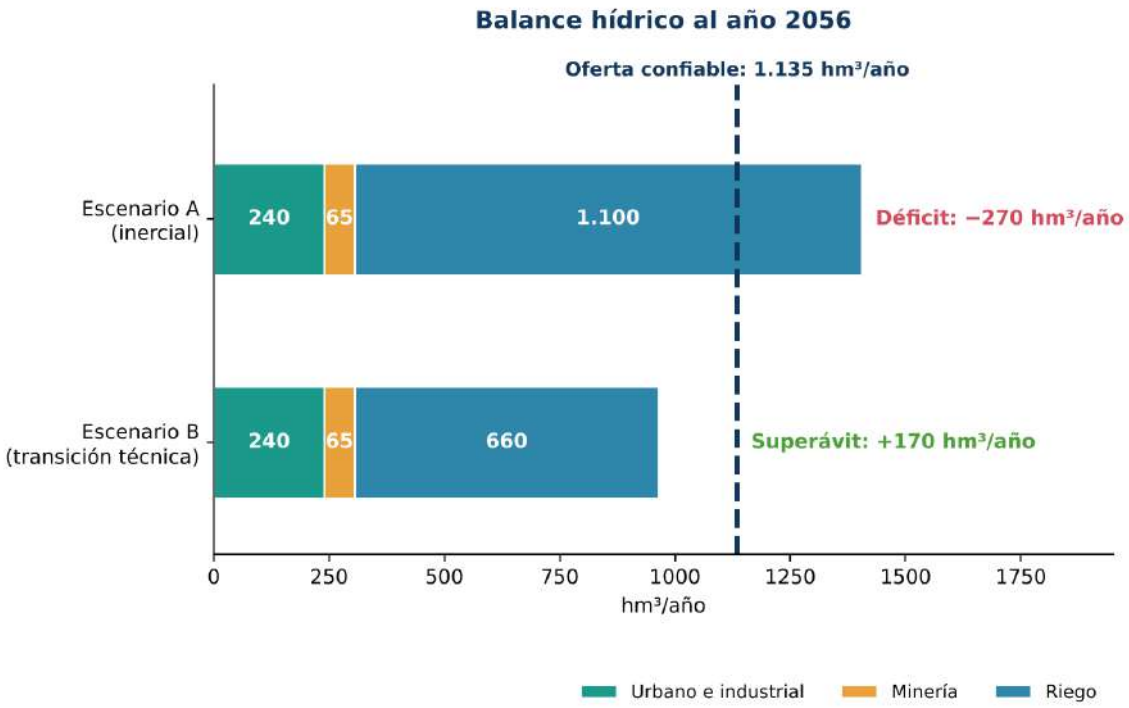


Figura 6. Balance hídrico al año 2056 en los escenarios A y B.

Concepto	Escenario A (inercial)	Escenario B (transición técnica)
Oferta confiable (hm³/año)	1.135	1.135
Demanda urbana e industrial (hm³/año)	240	240
Demanda minera (hm³/año)	65	65
Demanda agrícola (hm³/año)	1.100	660
Eficiencia global de riego	45 %	75 % a 80 %
Demanda total (hm³/año)	1.405	965
Balance (hm³/año)	**−270 (déficit)**	**+170 (superávit)**

Cuadro 1. Comparación de los escenarios hídricos al año 2056.

Consecuencias sobre la seguridad alimentaria. En el escenario A, el déficit obligará a una reducción compulsiva de la superficie cultivada de entre 15.000 y 22.000 ha de chacras, frutales y viñedos del Valle de Tulum. Esto destruirá el cinturón verde, y la cobertura local de hortalizas frescas caerá del 70 % actual a menos del 35 %, con lo cual la población quedará expuesta a una fuerte vulnerabilidad inflacionaria y a la dependencia logística externa. En el escenario B, en cambio, se preserva el 100 % de la superficie agrícola histórica (80.000 ha), se incrementa el rendimiento por metro cúbico aplicado, se estabiliza el acuífero y se garantiza la soberanía alimentaria para más de 1,2 millones de habitantes.

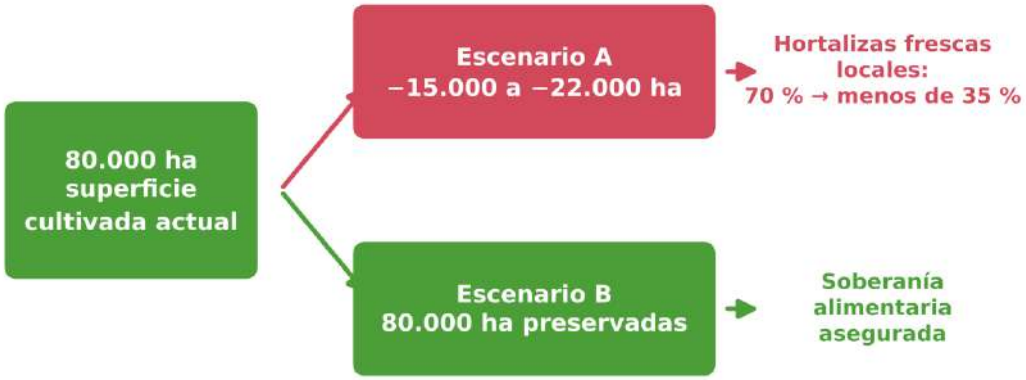


Figura 7. Consecuencias de cada escenario sobre la superficie cultivada y la seguridad alimentaria.

5. Conclusiones y propuestas de política pública

De la modelización precedente se desprenden cuatro líneas estratégicas de acción institucional, que se sintetizan en la Figura 8.



Figura 8. Líneas estratégicas de política pública.

- **Gobernanza y protección integral del acuífero del Valle de Tulum.** Dado que la mitad de la demanda de agua potable urbana (90 hm³/año actuales, que escalarán a 120 hm³/año) depende de la extracción subterránea, resulta imperativo establecer un monitoreo hidrogeológico continuo que evite la sobreexplotación, el descenso de napas y la salinización de los suelos agrícolas.
- **Fondo fiduciario de reconversión hídrico-agrícola.** Se propone captar un porcentaje de las regalías y cánones de la gran minería metálica para financiar el 100 % de la tecnificación intrafinca (riego presurizado y por goteo) y la impermeabilización de las redes de distribución de los productores locales.

- **Ley de ordenamiento territorial y zonificación agropecuaria protegida.** Sería conveniente una legislación estricta que prohíba el loteo inmobiliario y la expansión urbana sobre las tierras agrícolas de clases I y II del oasis central, canalizando el crecimiento demográfico hacia zonas de pie de monte de nulo valor agronómico.
- **Red universitaria y ciudadana de monitoreo de inocuidad.** Debería consolidarse un sistema transparente de control de la calidad hidroquímica y microbiológica en las cuencas de los ríos San Juan y Jáchal, que proteja la inocuidad de los productos hortícolas de consumo masivo.

Con lo cual concluimos que la seguridad alimentaria de San Juan al año 2056 dependerá de la eficiencia con que se administre el agua. Obviamente, ninguna de estas medidas será sostenible sin una gobernanza del recurso con participación efectiva de los usuarios, que son quienes conocen y sostienen la red de riego.

6. Referencias bibliográficas

FAO. (2021). *El estado de la evaluación de los recursos hídricos en la agricultura y la seguridad alimentaria*. Roma.

Instituto del Agua, Universidad Católica de Cuyo. (2025–2026). *Documentos de trabajo sobre balance hídrico, cuencas áridas y economía ecológica*. San Juan, Argentina.

Raworth, K. (2017). *Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing.