

Ciclo urbano-rural del agua y salud ambiental: interrelaciones sistémicas y estrategias para servicios resilientes en contextos de cambio climático

Mario Alejandro Nudelman¹  Fernando Diego Bach¹ 

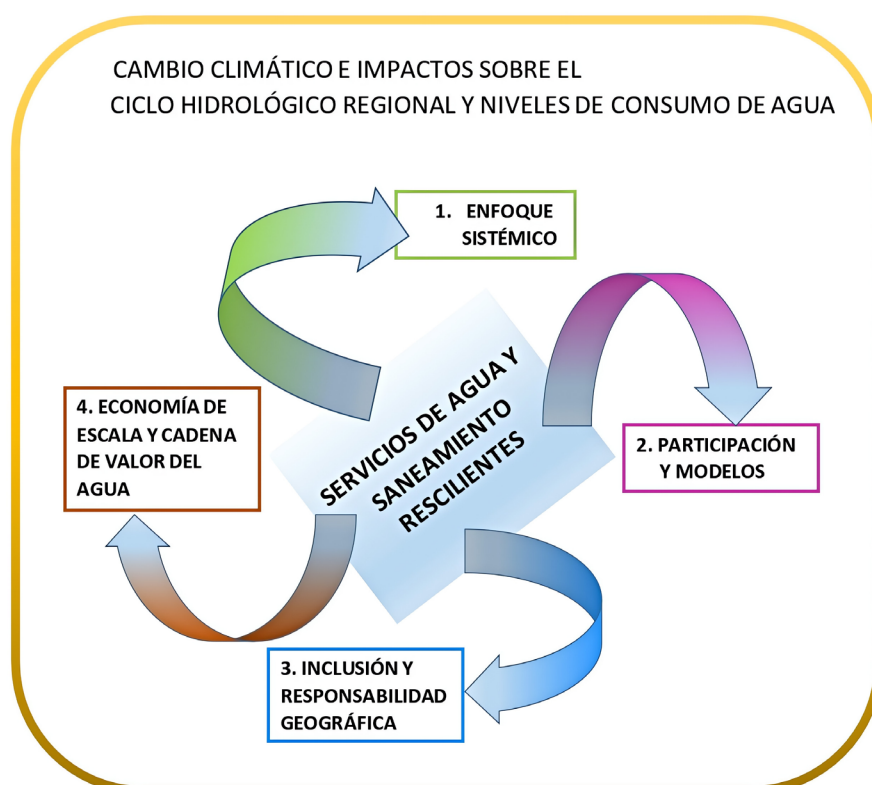
¹Facultad de Ciencia y Tecnología (FCYT). Universidad Autónoma de Entre Ríos – UADER. Localidad de Oro Verde, Provincia de Entre Ríos, Argentina.

E-mail: nudelman.mario@uader.edu.ar

Resumen grafico

Highlights

- La sostenibilidad relacional fortalece la resiliencia de los servicios de agua frente al cambio climático.
- Enfoques inclusivos y sistémicos conectan los desafíos hídricos urbanos y rurales.
- Las alianzas estratégicas y la planificación local potencian una gobernanza adaptativa del agua.



Resumen

Estudio de caso basado en observaciones realizadas en CEGELAH durante 16 años, que promueve la investigación, la innovación y la transferencia de tecnología para fortalecer la capacidad de planificación de los servicios de agua potable de pequeña y mediana escala en la provincia de Entre Ríos. Existen cuatro niveles de interrelación entre los aspectos internos y externos de los sistemas de abastecimiento de agua. El objetivo es identificar áreas de intervención en términos de innovaciones que permitan contrarrestar las principales vulnerabilidades detectadas en la escala de servicios mencionada, en un contexto de cambio climático. Un primer nivel consiste en comprender el ciclo hídrico urbano/rural como una complejidad, destacando el enfoque científico que ofrece la Teoría General de Sistemas como lenguaje interdisciplinario que permite abordar sus partes no de forma aislada, sino de manera interrelacionada. Un segundo nivel relacional consiste en ampliar la base de conocimientos mediante la participación no solo de expertos, sino también de los principales actores sociales, en la formulación de esta comprensión sistémica de los problemas y el apoyo al diseño de estrategias de acción consensuadas. Un tercer nivel se centra en las posibilidades de inclusión de los sectores rurales como beneficiarios con los mismos derechos que los usuarios urbanos del suministro de agua. Y un cuarto nivel relacional, el de la formación de alianzas público-privadas que configuran progresivamente la cadena de valor del agua, promoviendo sinergias entre el servicio público de agua, los gobiernos locales, el sistema científico-tecnológico, los proveedores de materiales, equipos y servicios, los profesionales del sector, los laboratorios, etc.

Palabras clave: Abastecimiento de agua. Cambio climático. Derechos humanos. Equipos y suministros. Teoría de sistemas. Valor del agua.

Editor de área: Edison Barbieri
Mundo Saúde. 2025;49:e16912024
O Mundo da Saúde, São Paulo, SP, Brasil.
<https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br>

Presentado: 05 octubre 2024.
Aprobado: 02 junio 2025.
Publicado: 16 junio 2025.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo nace bajo el impulso de los objetivos del Congreso Internacional sobre Sostenibilidad Relacional (Alta Gracia, Córdoba, Argentina, octubre 2024). Busca ser una contribución a la propuesta de Luca Fioriani de cambio, hacia un paradigma de la sostenibilidad relacional, tema central de dicho Congreso. Dichos aportes se realizan desde el prisma de la praxis de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el campo del Ciclo Urbano-Rural del Agua en una provincia del nordeste argentino.

El artículo se trata de un Informe de Casos, fundado en las observaciones de los autores en el entorno institucional del Centro para la gestión local sostenible del agua y el hábitat humano (CEGELAH) de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Entre Ríos, Argentina. El objetivo inicial es el de destacar la pertinencia de plantearse los aspectos relacionales sobre una

categoría ampliamente utilizada a partir del recordado Informe Brundtland donde se acuñó el término “desarrollo sostenible”. Dicha pertinencia está fundamentada desde un punto de vista de planificación estratégica: el cambio climático está imponiendo, condiciones que atentan contra la continuidad de las condiciones de captación de agua potable en vastas zonas del planeta. La Hipótesis bajo la cual se sostiene la pertinencia de la sostenibilidad relacional en este campo es la siguiente: “Las condiciones de resiliencia frente a los cambios en el ciclo hidrológico que acarrea el cambio climático, se elevan a partir de la fortaleza de los vínculos (capacidad relacional) de los servicios de abastecimiento de agua y su contexto multiactoral”. Se presentan cuatro niveles relacionales de interés. En este artículo se circunscribirá al “Ciclo Urbano/Rural de Agua”. La Figura 3 ubicará al lector en los alcances de dicho Ciclo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS DISCRIMINADOS POR NIVEL RELACIONAL

Primer Nivel Relacional. El enfoque sistémico de la Tesis doctoral del Director del CEGELAH, resultó un proceso positivo de aplicación de la Teoría general de Sistemas al objeto de estudio del Centro, la sostenibilidad del Ciclo urbano del agua en pequeños y medianos municipios. De esta experiencia se extractaron aspectos relevantes como el abordaje de la complejidad y el planteo de modelos operativos que permitan sobre todo la representación de las interrelaciones entre componentes de una situación en estudio.

Segundo Nivel Relacional. Vinculados al primero, se seleccionó un caso presentado en los antecedentes de dicha Tesis, denominado Liwa, del cual se destaca la participación multiactoral en la definición de los componentes del sistema en estudio, como respuesta a las críticas de los sesgos de los instrumentos tecnológicos que soportan las tomas de decisiones.

Tercer Nivel Relacional. Observaciones realiza-

das en los procesos de formación de la Diplomatura en gestión sostenible de servicios de agua potable, donde se contrasta las recomendaciones de la normativa internacional de base, la ISO 24512 en su punto sobre responsabilidad geográfica de los servicios de agua potable, y la praxis de los servicios participantes en dicho programa de formación.

Cuarto Nivel Relacional. Observaciones basadas en la misma fuente del nivel precedente, tomando nota de las profundas carencias de recursos humanos y servicios de apoyo a la gestión local del agua en pequeñas y medianas localidades. A esto se le suma el escaso nivel de cooperación institucionalizada entre los servicios de este tipo de localidades.

A modo de síntesis de los cuatro niveles relacionales, se los puede visualizar en el siguiente mapa conceptual como “inputs” orientados a fortalecer las capacidades de planificación local del sector del agua potable y respuesta adaptativa al cambio climático.

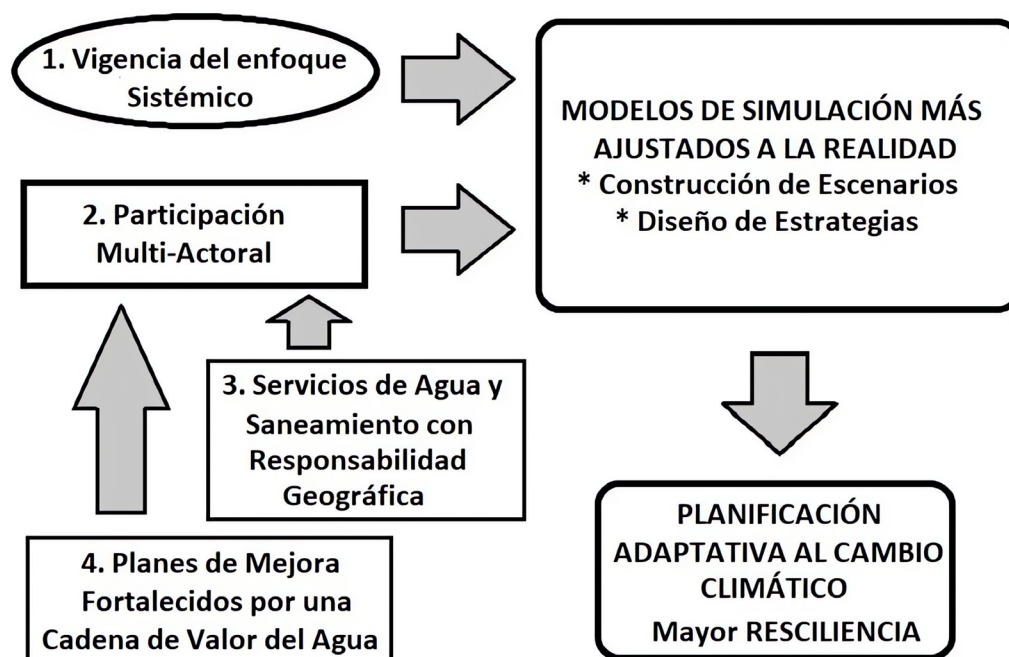


Figura 1 - Mapa conceptual: cuatro niveles relacionales para una Planificación local del agua potable orientada a la resiliencia al cambio climático.

RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES REALIZADAS

A. Breve reseña sobre el cambio climático y su impacto en Entre Ríos

Para contextualizar la sostenibilidad relacional en el campo de los servicios de agua potable, se destacan algunos puntos que están impactando directamente no solo en los aspectos empíricos sino también en el imaginario colectivo de la Provincia de Entre Ríos. Comenzando por este último, gracias a la participación del CEGELAH en el programa Cultura del agua en Entre Ríos¹, se pudo dimensionar junto a quienes están viviendo los impactos de estas transformaciones en primera persona, el cambio que se está produciendo en su percepción del medio. La gestión del agua en la Provincia estuvo fuertemente influenciada hasta esta década por la idea de que en Entre Ríos el agua sobra y que siempre iba a haber agua. Por más que cíclicamente ha habido períodos de exceso de agua (precipitaciones abundantes y cursos de agua que desbordan)

y de escasez por sequías, los reservorios de agua potable subterráneos siempre se han comportado como reaseguro del acceso al agua potable en la totalidad de los servicios de la provincia.

¿Qué trajo de nuevo el Cambio climático a la Provincia? Según el CIMA² (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera), puede resumirse de esta forma: en situaciones donde las políticas de descarbonización a escala global no alcancen sus objetivos (Escenario RCP 8.5) aumentarán las olas de calor y las noches tropicales. Las precipitaciones por su parte, mantendrían un promedio anual estable, pero se concentrarían en períodos con lluvias extremas seguidas por agudas sequías.

¿Cuál es el impacto sobre el ciclo hidrológico y las fuentes de agua principales de la provincia? A continuación, se presenta un gráfico adimensional que lo representa.

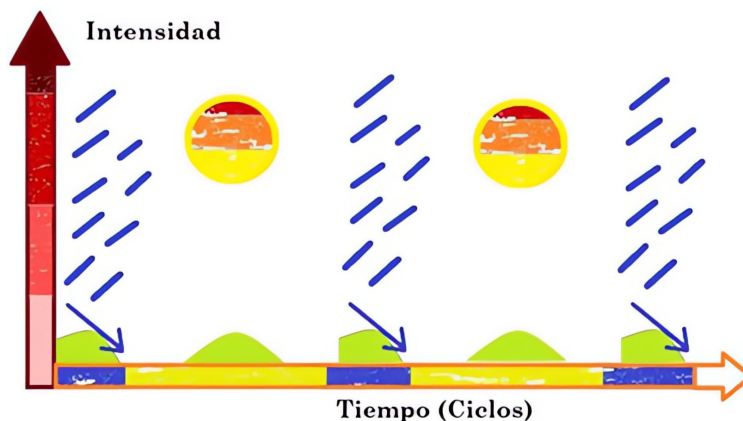


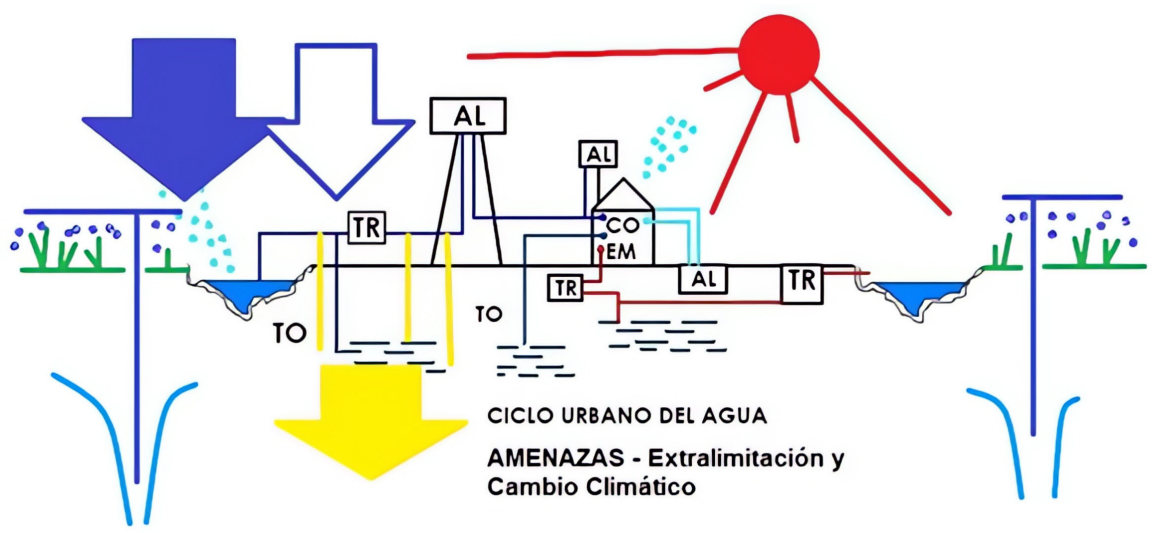
Figura 2 - Esquema del impacto estimado de la alternancia de ciclos con sequías - olas de calor - lluvias extremas en Entre Ríos.

En forma taxativa, dicho impacto estaría compuesto por los siguientes efectos interrelacionados:

- Las lluvias concentradas en períodos más acotados y con características de lluvias extremas con aumento de su periodicidad, traerá aparejada fuertes escorrentías y cambios en los procesos de recarga de los acuíferos.
- Por otra parte, las olas de calor y aumento de las noches tropicales impactarán sobre la demanda de agua, aumentándola.
- Las sequías extraordinarias en las nacientes de los grandes ríos del Litoral, trajo aparejadas bajantes extraordinarias de los caudales de los mismos. Un fenómeno que pudo verificarse en varias localidades del interior de Entre Ríos fue que pozos de agua subte-

rránea en explotación bajaron significativamente sus niveles freáticos, quedando fuera de servicio.

- La combinación de olas de calor y sequías más extensa impactarán muy negativamente sobre los rindes y viabilidad de los cultivos. En consecuencia, los productores que dispongan de capacidad financiera, optarán por aumentar las superficies bajo riego artificial complementario, utilizando sobre todo agua subterránea.
- La confluencia de estos factores muestra un escenario de aumento de la vulnerabilidad de las fuentes subterráneas y superficiales de agua, con riesgos altamente probable de alteraciones en la disponibilidad del recurso, tanto por las alteraciones en la recarga de acuíferos como por situaciones de sobre explotación.



Referencias: TO: Tomas de captación de Agua subterránea y/o Superficial - TR (Azul) : Tratamiento de potabilización - AL: Almacenamiento - Presión por gravedad - CO: Consumo de Agua - EM: Emisión de agua residual - TR (rojo): tratamiento de agua residual previo vertido ("in situ" subterráneo o curso receptor).

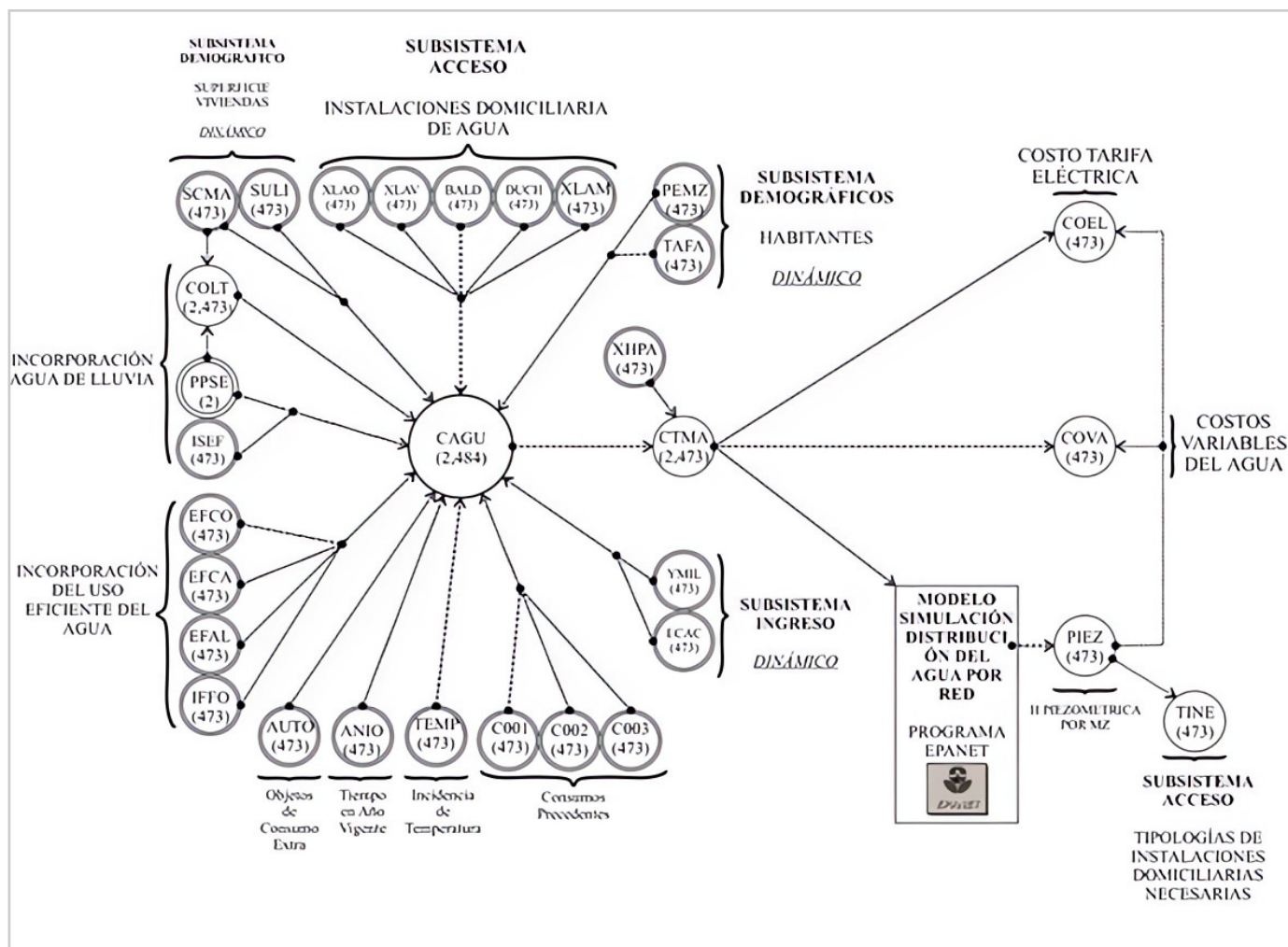
Figura 3 - El Ciclo Urbano del Agua y su Entorno Rural - Síntesis de las amenazas que acarrea el Cambio Climático para la Región.

Estos datos de partida ubican al lector en un contexto de profundas transformaciones de las condiciones de vida en las localidades de la Provincia. Las políticas de adaptación que propone el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para minimizar los impactos negativos sobre las vulnerabilidades de las mismas, responden a un esquema iterativo basado en el conocimiento que proviene de la evaluación de las acciones adaptativas³. Para ello es crucial el conocimiento de la compleja trama de aspectos que inciden sobre el objetivo deseable de la sostenibilidad aplicada en este caso al mantenimiento de las condiciones de acceso al agua en calidad y cantidad de todos los habitantes. Se verá como a partir del planteo de cuatro niveles relacionales aplicados al ciclo urbano-rural del agua se puede realizar una aproximación a dicha complejidad para fundamentar la pertinencia de la sostenibilidad relacional para su conocimiento y abordaje estratégico en una planificación del sector.

B. Primer nivel relacional: la complejidad desde un enfoque sistémico

Von Bertalanffy y quienes han contribuido al pensamiento sistémico, han desarrollado un enfoque que permite no solo situarse a nivel de un conocimiento individual y aislado de los componentes de la realidad a conocer o intervenir, si no también definiendo las interrelaciones entre dichos componentes⁴. Este conjunto, dentro de la delimitación de límites precisos y con objetivos determinados, es definido como un sistema.

Para exponer la relevancia de este enfoque se presenta un subsistema, desarrollado en la tesis doctoral del Director del CEGELAH, el de la demanda de agua en un municipio de escala media de una región de Argentina en vías de desarrollo. La respuesta que se buscó responder fue ¿de qué depende la demanda de agua?. No es una pregunta trivial. Si se conoce de qué depende, se podrá incidir sobre las mismas para obtener resultados de ahorro y uso eficiente del agua consumida en el sistema de abastecimiento.



Fuente: Nudelman, 2016⁵.

Figura 4 - Diagrama de Forrester – Subsistema Consumo de Agua.

Del presente gráfico se desprenden por una parte las principales variables que inciden, según la ubicación en la trama urbana donde uno se ubique. Por otra, figuran las funciones matemáticas que explican la interrelación entre las mismas con la demanda de agua. Ambos aspectos visibles en las siguientes tablas.

Tabela 1 - Selección de Variables Relevantes Intervinientes en el “Subsistema Consumo de agua” Determinación de la demanda.

Código	Nombre de la Variable	Unidad	Observaciones
BALD	Número medio de baños con ducha “a balde” por manzana	Nº	Indica la falta de disposición de ducha en la Instalación de Agua
XLAV	Número medio de lavadoras automáticas por manzana	Nº	Disponibilidad de Lavadoras Automáticas en la Mz
XLAO	Número medio de lavabos por manzana	Nº	Disponibilidad de Lavabos en los baños de la Mz
DUCH	Número medio de Higiene Personal usando ducha por manzana	Nº	Disponibilidad de Duchas en los baños de la Mz
XLAM	Número medio de Lavado de Ropa a Mano por manzana	Nº	Promedio de Unidades en la Manzana donde se lava la ropa a mano
YMIL	Ingreso medio por manzana, sobre población total	Pesos	$\sum$ Ingresos en la Mz / Población Total de la Mz (por razones de cálculo/1000)
ECAC	Ingreso medio por manzana, sobre población económicamente activa	Pesos	$\sum$ Ingresos en la Mz / Población E.A. de la Mz (por razones de cálculo/1000)
PEMZ	Número de Personas por manzana	Nº Personas	Nº de personas que habita en la manzana (por razones de cálculo/1000)
TAFA	Tamaño medio de las familias de la Mz.	Nº Personas	Promedio x Mz del Nº de integrantes (por razones de cálculo/1000)
SULI	Promedio de Superficie Libre en cada parcela por Manzana	M²	Promedio de Superficie sin construir en cada parcela por Mz (por razones de cálculo/1000)
SCMA	Promedio de Superficie Cubierta construida en cada Parcela por Manzana	M²	Promedio de Superficie Construida en cada parcela por Mz (por razones de cálculo/1000)
AUTO	Promedio de Autos particulares por Manzana	Nº	Forma de dimensionar uso del agua para lavado periódico de autos
CO01	Promedio de Consumo de Agua por Manzana y Semestre durante el año 2001	M³	Patrón de consumo por Manzana del año 2001 como Variable Independiente que influye sobre el patrón general o del año subsiguiente en la Chacra (por razones de cálculo/1000)
CO02	Promedio de Consumo de Agua por Manzana y Semestre durante el año 2002	M³	Patrón de consumo por Manzana del año 2002 como Variable Independiente que influye sobre el patrón general o del año subsiguiente en la Chacra (por razones de cálculo/1000)
CO03	Promedio de Consumo de Agua por Manzana y Semestre durante el año 2003	M³	Patrón de consumo por Manzana del año 2003 como Variable Independiente que influye sobre el patrón general o del año subsiguiente en la Chacra (por razones de cálculo/1000)
TEMP	Promedio de Temperatura de cada Semestre y Año	°C	Temperatura obtenida en la estación meteorológica más cercana al Municipio de Referencia (por razones de cálculo/1000)
CAGU	Consumo de Agua por parcela y manzana	M³	Consumo calculado diferencialmente según la Chacra donde se esté ubicado

Tabla 2 - Ejemplo de función representativa de las interrelaciones entre CAGU (Consumo de Agua) y las variables independientes de la Chacra y Semestre en estudio.
Fuente: Nudelman, 2016.

Chacra 46	Semestre 1 “Cálido”	Coef. Det. R2 = 0.738
Variables Implicadas		
TAFA Promedio del Tamaño de la Familia por Manzana dividido mil		
XLAV Número medio de lavadoras automáticas por manzana		
YMIL Ingreso medio por Manzana sobre población total dividido mil		
XLAO Número medio de lavabos por manzana		
DUCH Número medio de Higiene Personal usando ducha por manzana		
Ecuación (13)		
$h=9.405179270909800e+000+1.303531075121132e+002*(TAFA(i1)*XLAV(i1))+1.703939375930131e+001*(YMIL(i1)*XLAO(i1))-2.822452265058277e+001*(1/$		
$DUCH(i1))+2.611987434590440e+001*(1/XLAO(i1))$		
$AA=1146.707781135041*((TAFA(i1)*XLAV(i1))-0.006684)^2+14.940235040672*((YMIL(i1)*XLAO(i1))-0.093307)^2+4.919812943306*((1/DU-$		
$CH(i1))-3.580403)^2+4.191338569795*((1/XLAO(i1))-3.864641)^2$		
$AB=-2*29.480554636427*((TAFA(i1)*XLAV(i1))-0.006684)*((YMIL(i1)*XLAO(i1))-0.093307)$		
$AC=-2*26.630879895221*((TAFA(i1)*XLAV(i1))-0.006684)*((1/DUCH(i1))-3.580403)$		
$AD=2*24.617962245698*((TAFA(i1)*XLAV(i1))-0.006684)*((1/XLAO(i1))-3.864641)$		
$AE=-2*1.992911372906*((YMIL(i1)*XLAO(i1))-0.093307)*((1/DUCH(i1))-3.580403)$		
$AF=2*1.853071703269*((YMIL(i1)*XLAO(i1))-0.093307)*((1/XLAO(i1))-3.864641)$		
$AG=-2*4.540915169092*((1/DUCH(i1))-3.580403)*((1/XLAO(i1))-3.864641)$		
$s=1.398164*\text{sqrt}(1+1/35+AA+AB+AC+AD+AE+AF+AG)$		



Antonio Caselles, de la Universidad de Valencia ha desarrollado hace décadas una metodología y un soporte de programas informáticos que permiten abordar sistémicamente cualquier tipo de realidad, y construir un simulador por ordenador (aplicación informática) que permite conocer el comportamiento de una variable objetivo según la proyección de sus variables de dependencia⁶. De esta manera, lo que conceptualmente se identifica como “complejo” puede ser plasmado en una aplicación que, con sus límites y grados de error debidamente explicitados, puede aportar conocimiento experto de la variable-objetivo (en este caso, la demanda de agua en diversos sectores de una localidad) integrando las ramas del conocimiento que aportan a la definición de las variables independientes intervinientes y al tipo de interrelaciones conocidas o identificadas en el caso de estudio. Además, la construcción de escenarios futuros según las variables de entorno que intervienen, posibilita conocer cuáles podrían ser la

trayectoria, de dicha demanda, según por ejemplo, las condiciones de cambio climático estimadas sobre un horizonte temporal dado.

C. Segundo nivel relacional. La participación para modelos más realistas

Con razón se ha criticado a los modelos como prismas incompletos y hasta tendenciosos para el conocimiento de la realidad. Ahora bien, Erich Fromm, en los años 70 centró su crítica a la tendencia de su tiempo en utilizar los programas informáticos y sus modelos aislados de la realidad y las personas sobre los cuales sus resultados y acciones concomitantes terminarían incidiendo. Técnicamente eso es llamado “sesgo” y responde en la terminología de Fromm a la “Lógica de los hechos”⁷. El núcleo de la crítica era ¿Quién decide cual variable es relevante en la comprensión de una realidad y, por ende, ser incorporada como parte del modelo explicativo de la misma?

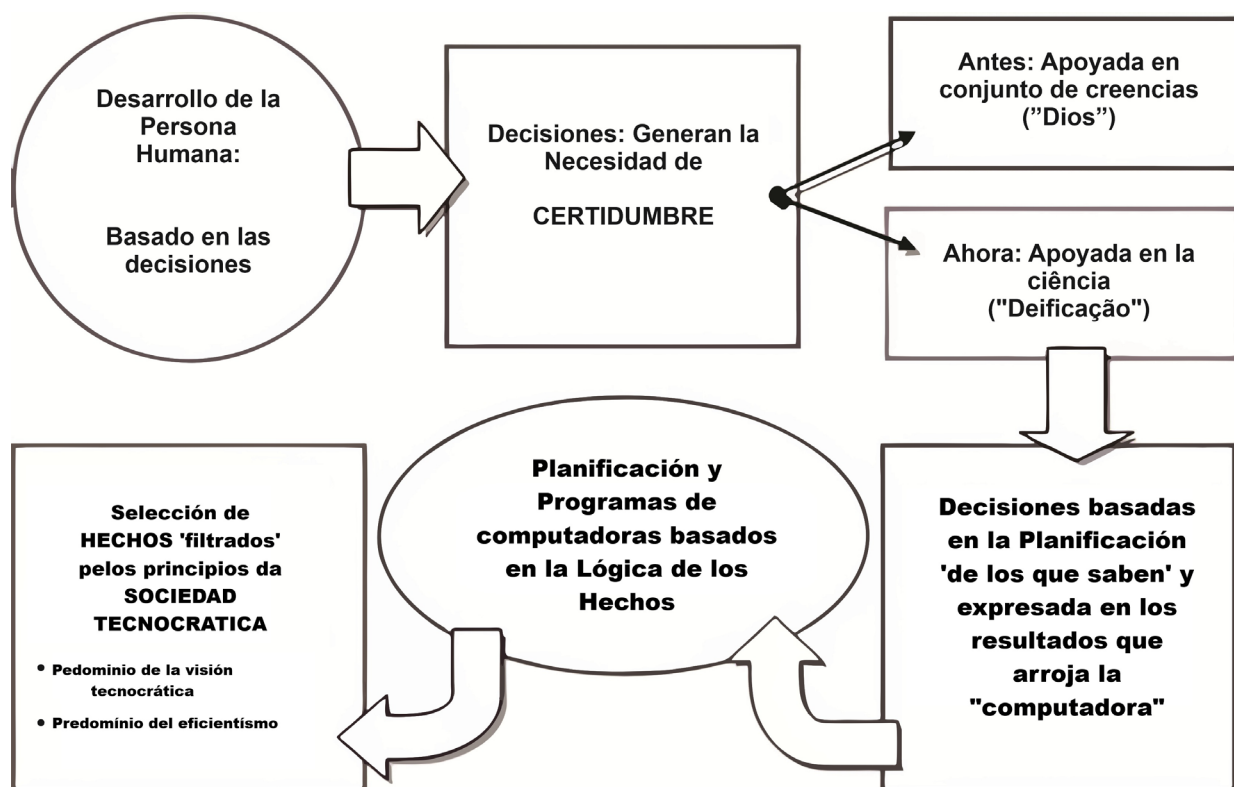


Figura 5 - Mapa conceptual de la Crítica de Erik Fromm a la Selección de variables significativas desde la lógica de los hechos. Fuente: Nudelman, 2016.

Existen experiencias muy interesantes donde, a partir de técnicas grupales y de participación, se pueden incorporar los puntos de vista de quienes forman parte del problema a analizar y que pueden resultar reveladores a la hora de obtener resultados más ajustados

a la realidad. A modo de ejemplo el Proyecto Liwa⁸, muestra en este esquema, cómo un modelo, con participación multiactoral, es incorporado como herramienta que ayuda a la planificación participativa basada en la evidencia confiable aportada por la misma.

pública (servicio municipal de agua) o de gestión cooperativa (cooperativas de servicios de agua y saneamiento). Ahora bien, en los procesos de ocupación del territorio rural circundante a estos ejidos municipales existe población aislada o pequeños asentamientos que alcanzan la denominación de “colonias” que pueden conformar una red con foco en localidades ya urbanizadas.

El problema surge a partir de que la igualdad ante la ley que tiene todo ciudadano, no se ve reflejada en una igualdad en el acceso al agua. El ejemplo más práctico es el siguiente; los habitantes que viven en el núcleo urbanizado disponen de acceso a una red de provisión de agua que, más

allá de las buenas o malas gestiones operativas de dicho servicio, existe una responsabilidad de una entidad en garantizar cierto estándar de servicio en calidad y cantidad de agua. Si se vive fuera de dicho Ejido municipal, no existe nadie más que ese poblador aislado o colonia, para hacerse responsable (usuario y responsable) de dicho acceso al agua. Sin dudas se lo hace en una situación de desamparo y desprotección que genera una evidente inequidad social. Si bien han existido Programas de provisión rural de agua, estos han adolecido siempre de falta de continuidad y, sobre todo, de que la responsabilidad final del sistema que se implante, termina recayendo en el mismo usuario.

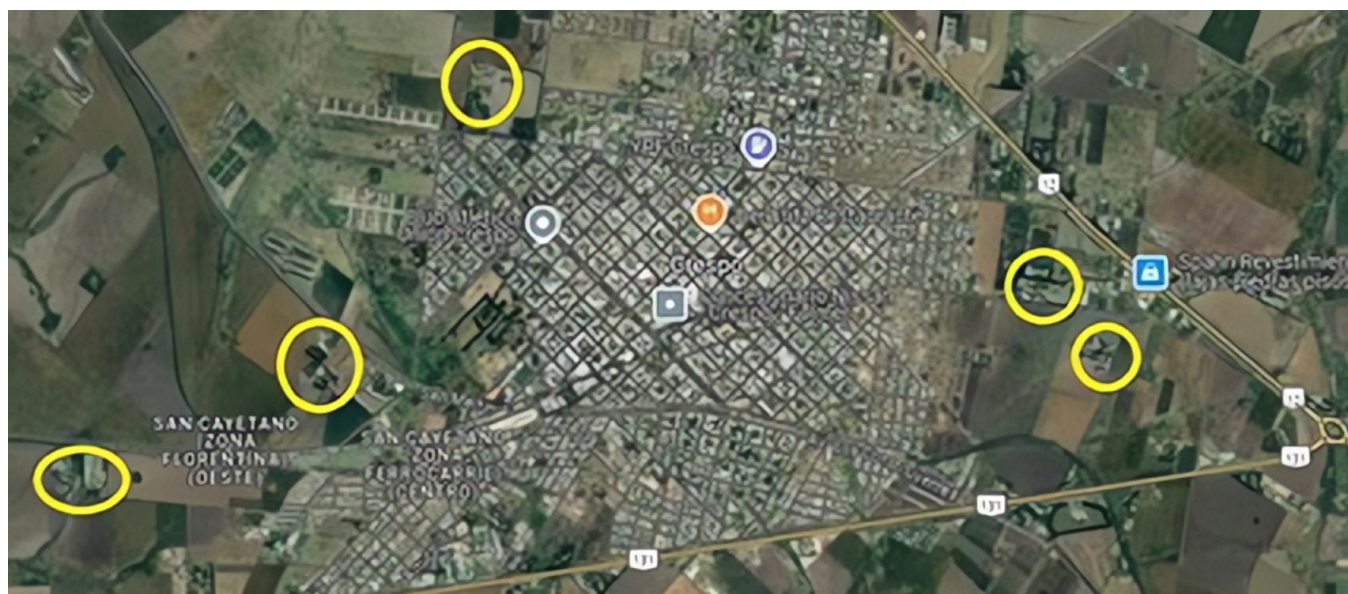


Figura 7 - Ejemplo Ciudad de Crespo, pobladores fuera del ejido municipal.

Fuente: Google Earth, 2024 – Elaboración propia - 2024.

Sin embargo, la normativa internacional ISO 24500 para servicios de agua y saneamiento, plantea un avance que resulta un punto de partida con gran potencial relacional en este tercer nivel. Habla de “responsabilidad geográfica” del abastecimiento de agua, más allá de los límites administrativos de un ejido municipal¹⁰.

En pocas palabras, la normativa abre los oídos de todo aquel que quiera escuchar: nos interesa el agua que toma toda persona, familia o grupo que está cerca de una localidad. Hoy los avances en los sistemas de comunicación y de información pueden ayudar a un monitoreo preciso de las condiciones de abastecimiento de la población dispersa dentro de un área de responsabilidad geográfica de un servicio municipal o cooperativo de agua. Por ejemplo, verificar las condiciones de potabilidad periódicamente sería ya un res-

paldo para la salud de estas poblaciones. Es más, la vulnerabilidad a impactos que puedan provenir de la gestión defectuosa de agroquímicos es mucho mayor en estas poblaciones y requieren de un seguimiento de los parámetros de calidad de agua vinculados a los mismos. Todo esto puede ser verificado y asesorado por personal especializado de dichos servicios de agua potable municipal a modo de extensiones del mismo. La sostenibilidad relacional posibilita nuevos desafíos e invita a soluciones creativas donde se aprovechen las capacidades de todos.

E. Cuarto nivel relacional. Economía de escala y cadena de valor del agua

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) ya en el año 2010 estudió la vulnerabilidad eco-

nómica que padecían los abastecimientos de agua de pequeña y mediana escala. El concepto “economía de escala” en abastecimientos de pequeña y mediana escala presentado por la CEPAL en el trabajo de Lentini y Ferro¹¹ plantea aspectos operativos en dicho desafío. Fue notorio en Argentina, como la ola privatizadora de servicios de agua potable en la década de los `90 solo llegó a los grandes abastecimientos de las capitales de provincia en su gran mayoría. El motivo: no “era negocio” para los grandes consorcios participar en localizaciones que no fuesen rentables. Esta observación ofrece un diagnóstico sobre la rentabilidad económica de los mismos. Sin embargo, puede convenirse que, donde hay una amenaza existe también una oportunidad. Los lazos entre localidades asociadas a partir de vínculos viales, productivos, de cuencas, político-partidarios, por ser cooperativas las que prestan los servicios, etc. existen informalmente en situaciones de emergencia. Un ejemplo: en una localidad se quemó una bomba de agua subterránea, quedando todo un sector de la misma sin agua. Un llamado telefónico

a un intendente de una localidad cercana que disponía una de repuesto, fue suficiente para disponer de un reemplazo en pocas horas. Ahora bien, en virtud de una planificación del sector del agua por conglomerado de localidades, donde haya acuerdo sobre las mejores tecnologías a utilizar, ¿no sería factible realizar compras en común, aumentando la escala y negociando con proveedores los mejores precios posibles?. Otro tema muy delicado es el de la cada vez más escasa profesionalización de operadores de servicios. Entrar a pensar en recursos humanos especializados a nivel de conglomerados de localidades no es ninguna utopía. Vale la mención cómo, hace décadas, vienen funcionando en España mancomunidades de pequeñas localidades que tienen en común una cuenca, por ejemplo la Mancomunidad del Alto Palancia¹², la cual regenteaba para todas las comunidades asociadas, la recolección de residuos. Sin duda la creación de vínculos de confianza y la capacidad de formular planes de desarrollo en común, aunque sean modestos, pueden ser pasos que ayuden a superar vulnerabilidades.



Figura 8 - Ejemplo de potencial economía de escala en agua y saneamiento: Crespo (Entre Ríos), sus colonias, aldeas (amarillo) y localidades cercanas (naranja).
Fuente: Google Earth.

Por último, otro aspecto en el mismo nivel es el de la “cadena de valor del agua”. Establecer los componentes de todo el proceso que condensa el Ciclo Urbano- Rural del agua y en cada uno los actores intervinientes, muestra la complejidad y amplitud de esta cadena. A modo de un primer ensayo de cadena de valor, se confeccionó la Tabla 3. Sería necesario profundizarla y obviamente clasificar estos actores y verificar su disponibilidad, calidad y rol para participar en dicha cadena. Pero la realidad muestra que esa cadena es inexistente como tal. Y el motivo fundamental es que no existen objetivos de servicios ni de cuidado del recurso hídrico por parte de quienes deberían gobernar el sistema local de provisión. Un ejemplo puede graficar muy bien el tema. Existe un “dolor de cabeza” estacionalmente reiterativo en cada servicio local de agua potable: la sobre demanda que genera el llenado de las piscinas familiares o colectivas en verano. El problema es sobre todo la falta de un mantenimiento de las mismas, dado que cuando el agua no está en condiciones, los consumidores deciden vaciarlas para volver a llenarlas. Un eslabón inexistente es el de uno o varios emprendedores, bien capacitados y con el equipamiento necesario para ofrecer servicios

de mantenimiento de piletas. Desconexiones en esta cadena existen decenas en las pequeñas y medianas localidades. Otro ejemplo: el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) tiene una estimación de que un 40% del agua extraída y tratada por los servicios de agua potable, termina perdiéndose por fugas (agua no controlada). Esto resulta un despilfarro tanto del recurso hídrico como de energía eléctrica, puesto que cada litro fugado fue previamente bombeado. Encontrar emprendedores de base tecnológica expertos en la detección de fugas (en redes o domiciliarias) es como buscar una aguja en un pajar. Un servicio público altamente subsidiado como el del agua, tiene como correlato que no resulten económicamente viables los esfuerzos por detectar y reparar fugas. Economizar en los gastos energéticos ofrece un grado de interés por parte de los servicios de agua, como lo demostró la intervención en la ciudad de Nogoyá por parte del CEGELAH, realizando un Diagnóstico de eficiencia hidro-energética en de su servicio de agua potable¹³.

A continuación, una tabla que ayuda a visualizar potenciales componentes de la cadena de valor del agua, ubicados por tramo del Ciclo Urbano-Rural del Agua.

Tabla 3 - Potenciales eslabones de una cadena de valor del agua.

Potenciales componentes de una cadena de valor del agua				
Fuente	Almacenaje	Tratamiento y Distribución	Consumo	Emisión
Profesionales y Técnicos: * hidrogeólogos * perforistas * laboratorios de calidad de agua homologados * servicios especializados de estudios de condiciones de explotación del acuífero Proveedores: * de equipos de bombeo subterráneo * de instrumentos de medición * de filtros y materiales	Profesionales y Técnicos: * constructores Proveedores: * de almacenamiento de grandes volúmenes * de equipos de bombeo para impulsión * de instrumentos de medición * de servicios de mantenimiento de equipos e instalaciones	Profesionales y Técnicos: * muestreo profesional del agua distribuida * supervisión calidad de agua distribuida * laboratorios de calidad de agua homologados * servicios especializados para la calibración del sistema de desinfección * empresas tendido de redes * formuladores de proyectos y optimización de redes * detección de fugas Proveedores: * de clorinadores de agua cruda. * de insumos y materiales	Organizaciones que nucleen a la demanda de agua: * comisiones de vecinos * cámaras comerciales e industriales * usuarios – socios (cooperativas) Formuladores de la demanda urbana: * desarrolladores inmobiliarios * proyectistas y constructores residenciales, institucionales e industriales Proveedores: * de artefactos e instalaciones * servicios de mantenimiento de equipos, artefactos e instalaciones	Profesionales y Técnicos: * servicios de especializados de estudio de las condiciones de vertidos en cursos receptores * servicios especializados de diseño y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales * servicios de monitoreo de la calidad de agua vertida y de cursos receptores * servicio de mantenimiento de instalaciones “in situ”
Comunes a todos los estadios del CU-RA * organismos de crédito - * organismos de cooperación al desarrollo - * organismos de formación técnica y profesional - * responsables de inspección y verificación responsables de la operación, mantenimiento y administración del servicio				

DISCUSIÓN

La siguiente discusión busca reflejar posibles preguntas que el lector pueda formularse.

¿De qué manera un enfoque relacional resulta superior de uno tradicional?

El enfoque relacional para la sostenibilidad resulta pertinente en virtud de la noción de complejidad. Un ejemplo reciente de la problemática económica en Argentina lo grafica muy bien. El modelo económico imperante impuso modelos de vida más o menos homogéneos basados en el confort, el estatus y el consumo. Cuando se piensa en el lavado de la ropa, no hay nadie que no piense en un lavarropa automático. Ahora bien, las medidas de cuidado del medioambiente han llevado al diseño de electrodomésticos “Eco”. En nuestro caso, lavarropas automáticos que tienen funciones con bajo consumo de agua. Pero estudios de correlación de factores de los cuales depende la demanda (Ver tablas 1 y 2 precedentes) mostraron una asociación positiva de los consumos domiciliarios de agua por uso de este tipo de lavarropas. Lo paradójico podría resolverse pensando en los estilos de vida: al ser tan fácil el lavado y la tarifa de agua tan barata, los consumidores ante el menor uso de la ropa, la pone a lavar. Esto explicaría que unitariamente un lavarropa “Eco” consume menos agua que modelos más antiguos, pero al usarse más veces durante el día, el consumo sería mayor. Si sumamos las medidas de reactivación de la economía que ya se han implementado en el país (construcción y electrodomésticos más accesibles) se ve como pueden impactar adversamente en el cuidado de los recursos hídricos disparando el consumo de agua. En este ejemplo se visualiza como convergen aspectos sociales (estilos de vida y propagandas que las imponen) económicos (tarifas, salarios, créditos) tecnológicos (certificaciones “Eco”) pudiendo seguir sumando condicionantes y factores intervinientes. Esta compleja trama de interrelaciones es la que, con apoyo sin duda de la academia, tiene que pasar de “caja negra” a “caja transparente” para incorporarlos a los procesos de planificación local y resolución efectiva, en este caso de políticas de gestión de la demanda de agua que resulten más efectivas.

¿Cuál sería la relación con la resiliencia al cambio climático y el uso de modelos de simulación que incorporen la participación de los actores implicados?

La virtud principal de un modelo recae en el hecho de que represente la realidad lo más fidedignamente posible. Esto tiene como consecuencia que sus resultados (variables objetivo) resultan confiables. Cuando las personas que participan de la construcción de un modelo representen un espectro amplio de actores sociales conocedores del sistema implicado, ya sea por

formación académica o por conocimiento empírico, se evitan sesgos que distorsionan la realidad representada. A la hora de realizar prospectivas respecto al impacto del cambio climático sobre determinados factores de una realidad local o regional particular, resulta fundamental contar con dicha confiabilidad, a los efectos de que las inversiones y esfuerzos realizados, contribuyan a una adaptación exitosa al cambio climático, o, lo que es lo mismo decir, aumenten la resiliencia del sistema intervenido.

El caso presentado estuvo centrado geográficamente en una provincia argentina, Entre Ríos, el ámbito de acción del CEGELAH. Pero ¿Qué elementos de este caso serían extrapolables a otros puntos geográficos?

El cambio climático en Entre Ríos, con indicios a la vista de toda la sociedad, como la bajante extraordinaria del río Paraná y sequías prolongadas durante 2022 al 2024 impuso una pregunta que para una zona como esta resulta culturalmente novedosa ¿Podrá Entre Ríos quedarse sin agua?. Una inflexión, cuando en el imaginario social la respuesta siempre había sido que eso era imposible. Ante un cambio de esta magnitud, es mucho el trabajo por hacer pues la gestión del agua en este territorio siempre estuvo caracterizada por la falta de objetivos comprobables en torno al cuidado del recurso y a una distribución anárquica del mismo. Por lo tanto, el caso de Entre Ríos, puede ser similar a todas aquellas regiones donde el agua ha abundado, especialmente la subterránea, y por ende no se realizó una gestión más rigurosa y basada en evidencia comprobable. Otro aspecto extrapolable dada su condición de estándar internacional es la opción por la formación de recursos humanos y decisores políticos para avanzar, entre otros aspectos, en la producción local de indicadores de desempeño (ID) siguiendo los estándares internacionales que aporta el conjunto de Normas ISO 24500. Es conocido por todos que la base de una buena planificación es contar con información pertinente, confiable y periódica. El diseño y la puesta en marcha de la Diplomatura en gestión de servicios de agua potable, mencionada en varios puntos de este trabajo, fue la forma ejecutiva para introducir cambios en el territorio. Esta estrategia fortalecería en segundo término la opción por metodologías sistémicas que permitan construir participativamente soportes confiables para la planificación en el sector.

¿De que forma la responsabilidad geográfica de los servicios de abastecimiento de agua que proponen la normativa ISO 24500 contribuiría con las políticas públicas del sector?

Si se piensa en la lógica de la política, esta se hará

cargo de los “reclamos” (necesidades) de los usuarios si estos efectúan esos reclamos. Lo deseable es la transformación de normativas locales que cambien la amplitud no solo geográfica sino también del concepto de servicio de agua potable como sistema heterogéneo pero que garantice un estándar de servicio equitativo para todos. Desde el CEGELAH se avanzó en construir estas vías de comunicación mediante los planes de mejora diseñados dentro del marco de la Diplomatura¹⁴, construyendo indicadores que permitan visualizar la relación de los prestadores con los usuarios. Específicamente la norma ISO-IRAM24510 atiende a estos vínculos.

Para implementar esta responsabilidad geográfica, un camino posible es la asistencia por parte del Estado (municipio, comuna) proponiendo soluciones tecnológicas alternativas: como por ejemplo: una perforación de menor escala (costoso), aprovechamiento de otras fuentes: agua de lluvia, sistemas electrónicos para monitorear la calidad del agua a distancia, entre otros.

Se plantea con el ejemplo de Liwa una materia pendiente en cuanto a construcción de modelos donde los principales actores implicados en el sistema en estudio participen ¿Cómo podría trasladarse esto a la realidad de las pequeñas y medianas localidades, por ejemplo, de Argentina?

En este medio no existe una cultura técnica de ordenamiento territorial en general y del sector del agua en particular, donde se incorpore la formulación de modelos locales de simulación que permitan predicciones confiables y con ello construcción de escenarios y diseño de estrategias basadas en evidencia comprobable. La lección que deja el ejemplo de LIWA es que es posible no solo su utilización si no que con metodologías sociales apropiadas también pueden incorporarse el conocimiento empírico, la observación y la sabiduría de grupos sociales que pueden tener un aporte significativo en este campo. Para ello, también será necesario dejar de lado prejuicios que separan y atomizan el conocimiento. La academia tiene mucho que aportar en ello. La modesta contribución del CEGELAH por ejemplo desde la materia TIC’S orientadas a la planificación local estratégica, que se diseñó para la carrera de Licenciatura en Sistemas de nuestra Facultad de Ciencia y Tecnología. Es un espacio donde los alumnos buscan enlazar su conocimiento técnico – informático con las necesidades existentes en las localidades de la provincia de producción de información para un gestión sostenible del agua.

Llama la atención en el punto precedente lo heterogéneo que resultaría trabajar con conocimientos de tan diversas fuentes ¿Cómo conciliar el rigor del conocimiento científico con el que proviene de la ideoneidad

y la experiencia práctica?

Sin dudas es un cuello de botella relevante conciliar en un solo modelo, saberes que confluyen de diversas disciplinas del conocimiento. La metodología sistémica, en este caso la propuesta por Antonio Caselles Moncho de la Universidad de Valencia, una autoridad en la aplicación de la TGS como metodología científica, es un ejemplo de que esto es posible. A su vez, el ya mencionado ejemplo de Liwa, muestra hasta donde se puede llegar en la confluencia de conocimientos que provienen de distintas fuentes. Es más, hay un espacio en común entre ambos procesos de formulación de modelos. Antonio Caselles plantea inclusive no solo la incorporación de funciones matemáticas como componentes explicativos de interrelaciones entre variables, sino también la incorporación de sencillas expresiones lógicas que podrían muy bien definir observaciones empíricas que personas idóneas puedan expresar como aporte a su construcción. Un ejemplo artificial para el caso: en localidades donde no se dispone de datos en una cuenca local, “si llueven “n” milímetros de precipitación en la región de los bañados, el cauce del arroyo que pasa por nuestra población llega hasta tal punto “p”. Para llegar a esta expresión, deben existir un soporte participativo, con actores sociales representativos de su pertenencia al sistema en que se está interviniendo, hablando un lenguaje común y con metodologías que permitan arribar a componentes confiables y a resultados debidamente probados.

El concepto “Cadena de valor”, proveniente del ámbito del desarrollo económico, aplicado al sector del agua resulta novedoso ¿Existen instancias institucionales para favorecerla?

La falta de recursos humanos especializados en las diversas funcionalidades del Ciclo Urbano-Rural del agua resulta un agudo déficit en la Provincia. Este problema “en común” de las localidades hace que la solución pueda comenzar a aparecer mediante mecanismos permanentes de comunicación y resolución. Un ámbito propicio que se encontró para la construcción de esta cadena de valor son las microrregiones. En el área presentada en la figura 8 se conformó recientemente la “MiCra”, Microregión Crespo y Aldeas, la cual es una entidad que a fines de agosto del 2023 obtuvo su personería jurídica. Esto hace que todos los actores de este territorio tengan un continente donde plantear problemas y objetivos comunes en torno al CU-RA y poner en común capacidades técnicas y organizativas para alcanzarlos.

¿Se podría presentar algún ejemplo más sobre la falta de eslabones en la cadena de valor del agua?

Otro eslabón crítico resulta la falta de servicios que

resuelvan situaciones de contingencia hídrica. Esto se evidencia en el verano en las pequeñas aldeas. Crespo es el centro de una zona de producción avícola, donde buena parte de las aldeas de la MiCra, los productores avícolas, se proveen de agua que les aporta el Municipio. Ahora bien, en la temporada estival comienza un conflicto de intereses sobre cuanta agua destinar para consumo humano y cuanta para consumo animal. Aquí se vislumbra por ejemplo la participación de empresas privadas para la construcción de perforaciones que abastezcan este consumo animal.

¿El CEGELAH ha podido verificar empíricamente la conveniencia de las medidas tendientes a la sostenibilidad del CU-RA?

Como evidencia empírica se presentan los casos de las ciudades de Crespo y Nogoyá. En el momento donde se realizaron los estudios diagnósticos, las mayores demandas de los vecinos eran la intermitencia del servicio y la falta de presión en la red en sectores específicos. Por otra parte, puertas adentro de ambas municipalidades, el problema prioritario eran las roturas de la electrobombas y el elevado y creciente costo energético de funcionamiento. Se avanzó con una medida de eficiencia hidro-energética controlable por los mismos servicios municipales: la automatización y aseguramiento de los sistemas de bombeo. Luego de la aplicación de las mejoras en la municipalidad de Crespo se redujo en los meses de Julio y Agosto del periodo 2011 al 2012 un 8%, el mismo efecto se evidenció en la municipalidad de Nogoyá durante el mes de septiembre del periodo 2011 al 2012. Respecto de las roturas de las electrobombas en Nogoyá se propuso evaluar las erogaciones económicas por sus reparaciones. Esto resultó en un valor cercano a los \$70.000 en el 2009, para luego descender considerablemente a menos de \$20.000 para el 2011. Sobre esta confianza de resultados se puede seguir avanzando por ejemplo en la gestión de fugas para luego desarrollar una política de la gestión de la demanda donde se implican mayor cantidad de actores sociales¹⁵.

¿Se ha podido registrar el impacto de modelos de simulación aplicados a la gestión local del agua?

No para modelos de la amplitud planteada, dado que el más avanzado, el presentado puntualmente en este artículo, tiene que ser validado. Ahora bien el CEGELAH ha participado y promovido localmente en la utilización de modelos de simulación ampliamente conocido en el campo de la hidráulica urbana" debe ir "del comportamiento de una red de abastecimiento de agua, "EPANET" ampliamente conocido en el campo de la hidráulica urbana (Experiencias Servicio a terceros, Nogoyá). Resulta muy ilustrativo comparar una práctica rutinaria de los servicios locales de

distribución de agua como la del otorgamiento de permisos de acceso a usuarios nuevos a las redes de distribución. La aptitud de los sistemas de distribución de admitir nuevos usuarios es un factor dinámico que implicaría, sin simulación, costosos estudios y la necesidad de contar con profesionales que lo realicen. La disponibilidad de un simulador como EPANET, calibrado y con puntos de entrada de información que permitan una actualización periódica del modelo, significaría contar en tiempo real con información confiable y gratuita para brindar a los nuevos usuarios condiciones precisas de servicio y por ende, recomendaciones técnicas para el diseño de instalaciones de agua que garanticen un consumo confiable.

De las dos experiencias internacionales (LIWA y Mancomunidades en España) ¿Qué lecciones podrían aplicarse a la Provincia de Entre Ríos?

Ambas son factibles de ser replicadas partiendo de iniciativas y liderazgos concretos. Concretizando desde los aportes del Centro, la ejecución de las dos primeras cohortes de la Diplomatura en gestión sostenible de servicios de agua con la participación de siete municipios¹⁶ significó un puntapié inicial para instalar un lenguaje común basado en evidencia como la construcción de indicadores de desempeño (ID) dentro de la lógica estandarizada de la norma ISO 24500. La construcción de indicadores confiables constituye la base para posteriores iniciativas de modelaje participativo. Por otra parte, la alianza que recientemente el CEGELAH ha firmado con el Consejo Regulador de Fuentes de Agua de la Provincia (CORUFA) apunta a construir espacios de consenso basados en las evidencias locales y de grandes consumidores productivos para llevar a un plano operativo lo ya legislado (Ley de aguas) en torno a la gestión integrada de cuencas. A la hora de regular efectivamente en el territorio por consenso, permitirá introducir a los actores urbanos y rurales del agua a prácticas de uso eficiente y a estrategias asociativas que permitan reducir costos de las tecnologías prioritarias a ser implantadas.

Para introducir esta visión propuesta, se reconoció que hace falta liderazgo ¿Quiénes serían actores claves para impulsar estos cambios?

La conocida estrategia "Pensar globalmente y actuar localmente" no está ausente en este punto. Por lo tanto, las acciones de campo (nivel local) no pueden quedar disgregadas sin abordarse también el nivel superior, el provincial. Por ello son actores indispensables los municipios y cooperativas responsables de los servicios. En Entre Ríos, el nivel provincial está representado por Obras Sanitarias de Entre Ríos y por la Dirección de Hidráulica. Otro actor responsable del nivel de cuencas, es el CORUFA. Gracias a la alian-

za mencionada más arriba, también se están iniciando planteos de enfoque de sostenibilidad en grandes usuarios, comenzando por los agropecuarios, tema aún incipiente. Por último, la academia, quien dispone de un amplio abanico de “know how” Dentro de ella, el CEGELAH es un Centro de la Universidad Autónoma de Entre Ríos, con presencia en todo el territorio provincial (ventaja aun no suficientemente aprovechada). En cuanto a otras instituciones, ha habido avances estos últimos años de trabajos de I+D en alianza con otras universidades (Universidad Nacional de Entre Ríos) y también con organismos de I+D como el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Desde la praxis, esta es la visión que se tiene sobre este aspecto.

Dada la relevancia de los decisores políticos a la hora de operativizar acciones, ¿Qué lenguaje se estima conveniente para introducirlos en el presente enfoque?

El CEGELAH ha experimentado tres estrategias que han resultado exitosas a la hora de introducirlos en la gestión sostenible del agua: un lenguaje, el de la “conveniencia” económica y política, centrado en el ahorro económico en materia energética con una disminución de las erogaciones públicas por bombeo (Ejemplo medidas de eficiencia hidro-energética) y el otro, la disminución de la conflictividad social por baja calidad del servicio (sistema de alerta temprana sobre las condiciones del pozo de agua en explotación, implantación de normas IRAM orientadas a la calidad del agua de consumo). Otro lenguaje, ha sido el diseño de modelos pedagógicos “ad hoc”, con la creación de espacios de aprendizaje para preparar a los cuadros idóneos, técnicos, profesionales, políticos y comunitarios utilizando la plataforma educativa de la universidad. En esta línea, a parte de la Diplomatura ya mencionada se diseñó una Diplomatura de gestión ciudadana del agua (En proceso de aprobación, presentando en forma operativa los lineamientos de la norma ISO 24512 orientada a la mejora de los servicios a los usuarios de sistemas de agua potable) y cursos de capacitación breves sobre gestión de la calidad del agua. La iniciativa más reciente (en desarrollo) apunta a la estrategia de autoaprendizaje con cursos autónomos abiertos a todo tipo de consumidor de agua (servicios de agua, frigoríficos, escuelas, productores agropecuarios, etc.) para la instalación de instrumentos de control de la calidad de agua y participación en una red virtual de asistencia técnica remota de escala provincial en este campo.

¿El modelo de simulación de la sostenibilidad del ciclo urbano del agua y su conjunto de ecuaciones presentado en el primer nivel relacional, sirvió para la planificación de acciones locales?

Esta tesis doctoral alcanzó el nivel de construcción del modelo, sin completar su etapa de validación, situación en la que se encuentra hasta el momento. Esto es porque la prioridad del Centro ha sido la implantación desde las estrategias ya planteadas, de sistemas de información que puedan proveer de datos e indicadores consecuentes a modelos como el planteado para la sostenibilidad del ciclo urbano del agua.

¿Se podría concretizar ejemplos de aplicación de los cuatro niveles relacionales presentados?

En el planteo de estos cuatro niveles relacionales ha predominado la voluntad de presentar un horizonte posible. Posible porque el Centro está trabajando en ello y mediante las estrategias planteadas y las alianzas tejidas, ha fijado prioridades que han quedado plasmadas en este artículo como líneas de acción ejecutadas y en ejecución. No se han podido aportar datos contundentes, sobre todo porque el CEGELAH es un centro pequeño inmerso en un contexto con demasiadas limitaciones. La principal contribución pasa en compartir con las diversas áreas del conocimiento que el agua convoca, la relevancia y pertinencia de las interrelaciones en estos cuatro niveles, si es que se aspira a contribuir a políticas adaptativas al cambio climático que garanticen el acceso al agua de todos los actores implicados, no solo en cantidad y calidad, sino también con equidad.

Romper con las inercias institucionales es costoso. *¿Existirían algunas pautas para enfrentarla?* Para romper dicha inercia, a título ilustrativo y desde el punto de vista de este Centro de I+D+T se identificaron algunas líneas de acción posibles:

- Cambios en la legislación vigente, donde se fortalezca la capacidad de un organismo central con poder de policía en el territorio que vele por la medición de estándares de servicio/provisión de agua y la asistencia técnica a todos los actores (urbanos, industriales y agropecuarios) demandantes de agua, orientados a su uso eficiente y a la disminución de los contaminantes vertidos en los cuerpos de agua superficiales y subterráneas.
- Financiación de las acciones de mejora habilitando los fondos ya previstos en la Ley Provincial de Aguas N° 9172 en su Capítulo XX establece la creación del Fondo Provincial de Aguas, destinado en buena parte de sus aspectos a la financiación de I+D+T en este campo.
- Formación de cuadros técnicos y profesionales que operen con responsabilidades regionales para la asistencia técnica en todo el territorio de los actores demandantes de agua para su gestión sostenible.
- Incubadoras de emprendimientos de base tecnológica que asistan a los principales actores demandantes de agua en su gestión sostenible.

- Capacitar a los tomadores de decisiones locales y sus gabinetes de gobierno en la Planificación de sector del agua y el saneamiento de carácter participativo de todos los sectores demandantes de agua y proveedores de servicios afines, basados en evidencia.
- Desarrollo de plataforma digitales amigables y

concebidas participativamente (de acceso público) en su formulación destinadas a los operadores de servicios y a grandes demandantes de agua que permitan incorporar en forma sencilla, los impactos del cambio climático en el ciclo hidrológico y a diseñar objetivos de preservación del recurso.

CONCLUSIONES

En primer lugar, la presentación descriptiva de estos cuatro niveles relacionales, son una contribución como ya se dijo a la propuesta de Luca Fioriani de construir un nuevo paradigma para el desarrollo sostenible, el de la Sostenibilidad Relacional¹⁷. Los autores coinciden en dichos trazos generales y se aporta con ella, una mayor especificidad con estos cuatro niveles relacionales aplicados al ciclo urbano – rural del agua.

Los dos primeros niveles, presentan aspectos metodológicos para abordar la complejidad, característica distintiva del desarrollo sostenible. Coinciden los autores con el acento que hace Fioriani en lo “relacional”, esto es, entender que no se puede conocer la complejidad a partir de sus componentes en forma aislada, si no es con sus interrelaciones. Esto ya fue planteado oportunamente por el pensamiento sistémico y muestra entonces la actualidad de este abordaje científico. Si bien Fioriani también aboga por la “transdisciplina”, el enfoque sistémico aquí presentado más bien propone un lenguaje común para las distintas disciplinas participantes en el conocimiento de una realidad determinada como un sistema con sus límites y factores intervinientes debidamente definidos. Estiman los autores que el campo de la interdisciplina no declamativa, si no interactuante a partir de un lenguaje en común tiene aún en Latinoamérica mucho que decir.

Centrados ya en la hipótesis de partida, como ya se adelantó en la discusión, la misma aún no puede ser verificada o descartada por no disponer de resultados contundentes para ello. Hubo sí mención de indicios honestamente presentados donde la misma amerita mayores estudios por las implicancias que lo relacional trae aparejado para la sostenibilidad del ciclo urbano-rural del agua.

A modo de proyecciones a futuro, resultaría de mucho provecho vincular estos aportes con el campo de la Cooperación Técnica. En ella prima el enfoque de marco lógico en la formulación de proyectos, los cuales son la expresión final de las políticas de un sector determinado. En el proceso de marco lógico (proceso eminentemente participativo) un paso del mismo en la etapa diagnóstica resulta la construcción de “árboles de problemas”, los cuales

desde la TGS resultan incipientes diagramas causales, la base lógica de los diagramas de Forrester. Una línea de trabajo de I+D que puede resultar muy positiva sería la del estudio de casos de proyectos donde se verifique lo más sistemáticamente posible los diagramas causales o “árboles de problemas” planteados como forma de modelizar realidades de una manera más vinculadas y contrastada con la realidad. La aplicación de esta estrategia al resto de niveles relacionales resultaría muy pertinente para avanzar en la verificación de la hipótesis inicial.

Por último, implantar un enfoque relacional como el planteado necesitan de un liderazgo que en nuestra provincia no se vislumbra definidamente. El peso de la inercia de tantas décadas de postergación del sector del agua, con ineficiencias sustantivas en todos los puntos que conforman el CU-RA, constituye un desafío para todos los sectores implicados. Romper con dicha inercia, y ser persistentes en una hoja de ruta clara de transformación es impostergable para que el sufrimiento social que supone quedarse sin agua, perder una cosecha, ver disminuida la capacidad productiva y de atractivo turístico, no lleve a las comunidades a una típica confrontación por el recurso natural público escaso, donde siempre terminan perdiendo los sectores más vulnerables¹⁸.

Como final esperanzador de que un cambio en este campo es posible, vale la pena cerrar con el siguiente testimonio: “Recuerdo cuando estábamos implementando el plan de mejoras en la municipalidad de Crespo, año 2011. El Sr. Martínez, viejo jefe de Obras Sanitarias del municipio siempre nos mostraba su reticencia a las mejoras: digitalización de la red de agua potable!, cambios de tableros eléctricos!, de estrella-triángulo a arrancadores inteligentes (soft starter)!, cambio de cañería metálica por mangueras para las electrobombas sumergibles!, incorporación de sensores de fases! , de presostatos solares en las líneas!, telemetría!: - ¿para qué? -, me decía. – Si como estábamos nunca faltó el agua...- sentenció. Hasta que luego de unos dos años se acercó hasta nuestra oficina y dijo con pocas palabras lo impensado: - “esto que hicieron sí que funciona”. Todo un feliz augurio para el futuro.

Declaración del autor de CRediT

Conceptualización: Nudelman, MA. Metodología: Nudelman, MA. Validación: Nudelman, MA. Análisis formal: Nudelman, MA; Bach, FD. Investigación: Nudelman, MA; Bach, FD. Recursos: Nudelman, MA; Bach, FD. Redacción – revisión y edición: Nudelman, MA; Bach, FD. Visualización: Nudelman, MA; Bach, FD. Supervisión: Nudelman, MA. Administración del proyecto: Nudelman, MA.

Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en competencia o relaciones personales conocidas que puedan haber influido en el trabajo reportado.

REFERENCIAS

1. Senado de la Provincia de Entre Ríos [Sitio web]. Cultura del agua en Entre Ríos, Programa provincial- 2022. Puesta en marcha Diplomatura en gestión sostenible de servicios de agua potable. [Consultado el 15 de octubre del 2024]. Disponible en: <https://www.senadoer.gob.ar/2022/05/se-pone-en-marcha-la-diplomatura-en-gestion-sostenible-de-servicios-de-agua-potable/>
2. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) para la Secretaría de Medioambiente de la Nación Argentina. Cambio climático en Argentina, tendencias y proyecciones. 2015.[Publicación web] Consultado el 15 de octubre del 2024. Disponible en: <https://3cn.cima.fcen.uba.ar/docs/3Com-Resumen-Ejecutivo-de-la-Tercera-Comunicacion-Nacional.pdf>
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambio climático 2014: Impactos, Adaptación, Vulnerabilidad. 2014. [Publicación web] Consultado el 15 de octubre del 2024. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf
4. Von Bertalanffy, L. Perspectivas en la teoría general de sistemas. Alianza Universidad. Madrid, España. 1992
5. Nudelman, M. Modelo de simulación de la sostenibilidad del ciclo urbano del agua, aplicable a pequeños municipios de regiones en vías de desarrollo. Tesis doctoral. Valencia, España: Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medioambiente. Universidad Politécnica de Valencia; 2016 - Consultado el 15 de octubre del 2024. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/63460>.
6. Caselles, A. Modelización y simulación de sistemas complejos". Editorial Universitat de València. Valencia, España. 2008
7. Fromm, E. La revolución de la esperanza, hacia una tecnología humanizada. 15ªed., Editorial: Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. 2010
8. LIWA Water Project. [Sitio web]. Gestión sostenible del agua y de las aguas residuales en centros de crecimiento urbano afrontando el cambio climático. Conceptos para Lima metropolitana, Perú. 2015. Proyecto de investigación financiado por Federal Ministry of Education and Research, Germany. [Consultado el 15 de octubre del 2024]. Disponible en: <https://www.lima-water.de/es/documents.html?Menu=5>
9. Francisco. Laudato Si. Carta Encíclica del Santo Padre Francisco sobre el cuidado de la casa común. Editorial San Pablo. Buenos Aires, Argentina. 2015
10. IRAM - ISO 24512. Norma Argentina. Directrices para la gestión de entidades prestadoras de servicios de agua potable y para la evaluación de servicios de agua potable. IRAM. [Documento digital]. Argentina. 2011
11. Ferro, G. y Lentini, E. Economías de escala en los servicios de agua potable y alcantarillado. Documento de Proyecto. [Publicación Web]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas (CEPAL – ONU). Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania – GTZ. 2010. Consultado el 16 de octubre del 2024. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/78ede21a-bea3-4934-9898-90b115c26717>
12. Mancomunidad del Alto Palancia. [Sitio Web]. Consultado el 16 de octubre del 2024. Disponible en <https://mancomunidaddelaltopalancia.es/>
13. Nudelman, M et. al. Diagnóstico sobre el uso de energía eléctrica en los abastecimientos de agua y saneamiento, Experiencia Piloto en el Municipio de Nogoyá - Informe preliminar dirigido a la Secretaría de energía de Entre Ríos. Oro Verde, Entre Ríos. Centro para la gestión local sostenible del agua y el hábitat humano. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma de Entre Ríos. 2013. Disponible desde el Repositorio digital del CEGELAH: https://drive.google.com/file/d/13YukT3jHF6iAjzrM_Z212ePS35AXWE-s/view?usp=sharing
14. Universidad Autónoma de Entre Ríos, Consejo Superior. Resolución de aprobación y Programa de la Diplomatura en gestión sostenible de servicios de agua potable dentro del marco de la norma ISO-IRAM 24500. Resol. CS N° 199/22. Paraná, Entre Ríos. 2022. Disponible desde el Repositorio digital del CEGELAH: <https://drive.google.com/file/d/15XkZA8cqodBp-408uAfTh-FmR32nKt9M/view?usp=sharing>
15. Rocca, D. y Bach, F. y. El servicio de agua potable de Nogoyá, un caso de suceso en la transferencia de tecnología Universidad - Municipio. Seminario Iberoamericano de Redes de Agua. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 27 al 30 de noviembre del 2017.
16. Nudelman, M., Enriquez, H. y Arriola, M. Diplomatura en gestión sostenible de servicios de agua potable: una contribución a la cultura del cuidado del recurso en Entre Ríos. Revista Archivos de Ciencia y Tecnología [Internet]. Vol. I, N° II, Año 2023. Consultado el 10 de abril del 2025. Disponible en: <https://revista.uader.edu.ar/index.php/archivo/article/view/156>
17. Fiorani, L. Happy Planet. Editorial Citá Nuova. Roma, Italia. 2021
18. Von Bertalanffy, L., Ross Ashby, W., Weimberg, G., et.al. Tendencias en la teoría general de sistemas. Alianza Universidad. Madrid, España. 1987

Cómo citar este artículo: Nudelman, M.A., Bach, F.D. (2025). Ciclo urbano-rural del agua y salud ambiental: interrelaciones sistémicas y estrategias para servicios resilientes en contextos de cambio climático. *O Mundo Da Saúde*, 49. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202549e16912024E>. Mundo Saúde. 2025;49:e16912024.