





Desafío. Agua y energía para el futuro

De qué se trata

Los humanos y toda forma de vida en el planeta dependen del agua como un elemento esencial para el desarrollo de sus procesos biológicos. Esto se debe a que, en promedio, los seres vivos contienen un 70% de agua; por lo que es el componente más abundante en los organismos. En cuanto a su disponibilidad en la naturaleza, únicamente el 2,5% del agua en el mundo es dulce y el resto es salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en glaciares y en las nieves de las montañas. El resto se encuentra en los ríos, arroyos y también bajo la superficie terrestre en reservorios naturales.

Cada ser humano depende del consumo de agua para su subsistencia, específicamente del agua potable. La potabilización es el proceso por el cual se garantiza la inocuidad del líquido vital, es decir, que se pueda acceder al agua libre de organismos que puedan ser perjudiciales para la salud. De acuerdo con la OMS, el *agua potable es aquella utilizada para los fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar*. En ese marco, la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2010, reconoció que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida. Además, se aclara que “el mismo se basa en el derecho de todos a disponer de ella de manera suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico”.

El agua como recurso toma particular importancia dado que, la misma presenta una triple dimensión: económica, social y ambiental. El consumo doméstico y el saneamiento constituyen sus usos tradicionales. Sin embargo, el agua y los ecosistemas húmedos son susceptibles de ser utilizados en diversas aplicaciones y aportan innumerables servicios al bienestar de la humanidad. De hecho, de acuerdo con PNUD (2006) para medir la calidad de vida y los niveles de desarrollo en relación con el agua, se deben considerar todos sus usos, los que, según la GWP (Global Water Partnership), se pueden agrupar en cuatro sectores:

-  Agua para la gente
-  Agua para producir alimentos o para la agricultura y ganadería
-  Agua para la industria o la producción
-  Agua para los ecosistemas o la naturaleza

El agua para el futuro es un desafío a nivel mundial, atendiendo a las megatendencias de escasez de recursos (M4), de globalización económica (M5) y de cambio climático (M3). Los diversos usos del agua y su importancia han hecho que apeligre su sostenibilidad, esto exacerbado por las sequías provocadas por mayores temperaturas. Cuando un sector compite con otro en el uso del agua, se producen desequilibrios en la oferta y conflictos que

requieren una respuesta desde una gestión integrada del agua. Al abordar el concepto de uso del agua y el concepto de desarrollo se deben tomar en consideración los cuatro sectores mencionados y sus interrelaciones. Este abordaje consiste, precisamente, en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), definida como el “*proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales*”¹.

En la actualidad, el elevado nivel de crecimiento poblacional y sus impactos sobre los ecosistemas están poniendo en riesgo a los propios sistemas ecológicos². La sobreexplotación de los recursos hídricos comienza a manifestar niveles críticos. El desafío de la gestión del agua es complejo y requiere una solución que más allá de la búsqueda de beneficios en el presente, sea una apuesta de responsabilidad intergeneracional que permita garantizar la calidad de vida de las generaciones venideras. Esta situación, hace necesaria la adopción e implementación de prácticas innovadoras y tecnologías para el uso y gestión eficiente del agua en todos los sectores. Para ello será importante el fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación de manera que se consideren soluciones en consonancia con cada contexto.



Imagen de agua recuperada de Pixabay

Importancia económica

A lo largo de los siglos, el agua ha sido considerada y utilizada como un recurso natural, ilimitado y renovable. Sin embargo, el uso desmedido ha sobrepasado la capacidad del ciclo de renovabilidad, por lo que, en la actualidad se acepta que el agua dulce es un recurso escaso, cuya gestión conlleva elevados costos. De acuerdo con el Banco Mundial, el crecimiento económico depende de los recursos hídricos. El agua es un factor vital para la producción, por lo

¹ PNUD, 2006. Usos y gobernabilidad del agua en el Paraguay.

² Fundación Chile, 2017. Desafíos del Agua para la región latinoamericana.

que la reducción de sus existencias puede derivar en una pérdida en la producción mundial. Una publicación del Banco Mundial muestra que las tasas de crecimiento económico de regiones determinadas pueden reducirse en hasta un 6% del PIB en 2050, como consecuencia de pérdidas vinculadas con el agua en las esferas de la agricultura, la salud, los ingresos y la propiedad.

En cuanto a Paraguay, Zapata (2018) analizó el impacto económico de la falta de cobertura y adecuada calidad de los servicios de agua potable y saneamiento estimó que el país pierde 1,6% de su PIB, por año. Este resultado se basa principalmente en los gastos en tratamiento de enfermedades de origen hídrico, en transporte, compra y/o purificación domiciliar del agua para beber por desconfianza en la calidad del agua proveída por los prestadores, en costos de oportunidad por carencia de baños y en impactos negativos en el turismo.

Bajo el enfoque de **agua para la gente**, datos del Banco Mundial revelan que unos 2.200 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4.200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros y otros 3.000 millones carecen de instalaciones básicas para lavarse las manos. Así también, 297.000 niños menores de 5 años mueren en el mundo debido a enfermedades diarreicas relacionadas con malos hábitos de higiene. En ese sentido, el acceso a agua limpia y saneamiento ayuda a la prevención de muertes innecesarias permitiendo el crecimiento de niños más saludables que se conviertan en adultos más sanos que pueden hacer una mayor contribución a la economía. La inversión en infraestructura de agua y saneamiento eleva las condiciones de vida, y a su vez contribuye a mejorar la salud y productividad de la población.

Por otra parte, el agua es un insumo vital para la agricultura y la ganadería, que a su vez es un importante mercado de la economía mundial y particularmente uno de los motores de la economía paraguaya. Además de permitir el crecimiento vegetal, el agua es indispensable en la cría de ganado y además permite la pesca. Por lo que, en definitiva, la alimentación mundial depende de la existencia de cursos limpios de agua. Definiendo así la importancia del **agua para los alimentos**.

En cuanto al **agua para la producción**; de acuerdo con las Naciones Unidas, la mitad de la mano de obra mundial está empleada en ocho sectores que dependen del agua y los recursos naturales: energía, producción con uso intensivo de recursos, reciclaje, construcción, transportes, agricultura, pesca y bosques. Estimaciones sugieren que el 42% de los puestos de trabajo de la población activa mundial, dependen en gran medida del agua, y que el 36% son moderadamente dependientes de ella. Por su parte, la industria es otra fuente importante de empleo de calidad y

representa aproximadamente el 4% de las extracciones de agua mundiales. Estudios prospectivos, han pronosticado que para el año 2050 la industria manufacturera por sí sola podría incrementar el consumo de agua en un 400%³.

Contar con sistemas de desagüe pluvial eficiente y tratamiento de aguas residuales con altos estándares de calidad, disminuye el riesgo de contaminación de los cauces hídricos, superficiales y subterráneos. Lo que contribuye con el mantenimiento de ecosistemas saludables y revelan la importancia de la inversión en **agua para la naturaleza**. Por otra parte, la correcta gestión hídrica ayuda a reducir la vulnerabilidad generando resiliencia respecto al clima; apoyando así los procesos de adaptación al cambio climático. Además, las acciones de mitigación dependen del acceso al agua, porque los esfuerzos en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero requieren el acceso a fuentes de agua confiables.

Condiciones de singularidad

Importantes reservas de agua dulce

Paraguay se ubica entre los 15 países más ricos en disponibilidad de recursos hídricos renovables per cápita en el mundo (57.000 m³/año), conforme a los últimos datos de la FAO al 2017. Este indicador se refiere a la cantidad de aguas superficiales y subterráneas internas y externas. Paraguay está situado en la gran cuenca del Río de la Plata, abarcando el 13% de su superficie. A su vez, se distinguen dos subcuencas principales en el país, la del Río Paraguay y el Río Paraná. El Río Paraguay se caracteriza por su importancia como vía de comunicación e integración nacional al ser navegable en gran parte de su extensión. El Río Paraná se destaca por un caudal potencial elevado y un significativo potencial hidroeléctrico. En total, el país cuenta con 34 cuencas hidrográficas según el estudio de balance hídrico de la UNESCO (1992), aunque incluye superficies de agua estacionales.

Existen tres acuíferos principales en el país con significativo potencial de explotación de aguas subterráneas, el Acuífero Patiño, el Acuífero Misiones (parte del Acuífero Guaraní que es una de las reservas de agua dulce más grande del mundo) y el Acuífero Yrendá. Además, el sistema de humedales Paraguay-Paraná es una reserva importante de agua dulce y biodiversidad, del cual se sitúan en el territorio paraguayo parte del Pantanal, los esteros de Ñeembucú y del Lago Ypoá y otras zonas pequeñas de humedales. Las funciones de los humedales incluyen las de mitigar inundaciones y sequías, recargar los acuíferos, proporcionar áreas de crías de peces y proveer agua dulce para la agricultura y ganadería.

Recursos hidroenergéticos

El gran caudal del Río Paraná ha permitido la construcción de cuatro represas para generación de energía hidroeléctrica en el país, las binacionales Itaipú (en la frontera con Brasil) y Yacyretá (en la frontera con Argentina) y las nacionales Yguazú y Acaray. La represa de Itaipú cuenta

³ Naciones Unidas, 2016.

con 29km³ y una potencia instalada de 14.000 MW, de la cual la mitad corresponde a Paraguay. Itaipú se destaca a nivel internacional, ostentando el récord mundial en producción acumulada de energía eléctrica de más de 2,7 mil millones de MWh producidos desde 1984, superando a la represa Guri de Venezuela (1,6 mil millones de MWh), a Tres Gargantas en China (1,3 mil millones de MWh) y Grand Coulee en Estados Unidos (1,1 mil millones de MWh). La represa de Yacyretá tiene una capacidad total de 21km³ y una capacidad instalada de 3.100 MW, siendo la segunda hidroeléctrica más grande del país. La represa nacional de Acaray cuenta con una capacidad total de 0.1 km³ y tiene una capacidad instalada de 210 MW, mientras que la represa de Yguazú tiene una capacidad total de 8.5 km³, aunque está pendiente la colocación de turbinas para que pueda potenciar la generación de energía de Acaray⁴.

Además de las represas existentes, se pueden verificar potenciales recursos hidroenergéticos en el estudio denominado Atlas del Potencial Hidroenergético del Paraguay (2011). Para identificar las potencialidades energéticas se utilizó un Modelo de Prospección Hidroenergética Remanente (MPHR), el cual se basa fundamentalmente en la topografía, datos estadísticos referentes al caudal de agua, información del clima, geología, características socio ambientales y consideraciones relacionadas a la demanda energética. De entre los emplazamientos por cuenca con capacidad potencial de generar al menos 5MW de potencia se identificaron 22 sitios localizados en la región oriental, que optimizados en función a los niveles de precipitación tienen un potencial hidroeléctrico aprovechable (PHA) total de 326MW. Además, se verificaron emprendimientos a partir de las posibles interconexiones de las aguas no turbinables de ITAIPU con otros embalses de afluentes del Río Paraná, con un PHA de 378MW. Finalmente, se mencionan otros emprendimientos multifinancieros sobre el Río Paraguay que podrían generar una potencia de 168MW. Así los resultados arrojan un potencial hidroeléctrico aprovechable de 873MW.

Gestión inadecuada de las aguas y contaminación

Hace más de una década atrás, el Paraguay se posicionó entre las 15 naciones de peor manejo del agua⁵ (Jiménez 2004). Esto puede explicarse en parte debido al deficiente suministro de agua potable y saneamiento considerando las pérdidas en la distribución y el alcance limitado, además de los elevados niveles de contaminación de reservas de agua y la falta de protección de los ecosistemas.

En 2012, la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP) realizó un estudio sobre la rehabilitación del sistema de distribución de agua potable donde encontró que el 10% de la infraestructura de tuberías se encontraba en condiciones críticas, dada la antigüedad de los caños, la mala calidad de accesorios y el sistema desactualizado de distribución, con lo cual se debían cambiar cerca de

300.000m³ de tuberías para mejorar el servicio. Esto a su vez se reflejaba, en parte, en las pérdidas del 47% de agua potable. Además, el relevamiento de la ESSAP encontró que alrededor del 80% de la población en zonas urbanas tenía acceso a agua potable mientras que en las áreas rurales alcanzaba solo al 49%. Mas aun, el sistema de alcantarillado sanitario solo cubría al 33%⁶ de la población, y tan solo el 2% de las aguas cloacales son tratadas, exhibiendo un inadecuado manejo de las aguas residuales⁷. Esto es grave considerando que las aguas residuales sin tratar se vierten en los ríos, infiltrándose en acuíferos que a su vez son utilizados por algunas familias para consumo arriesgando la salud de la población y, afectando además al medio ambiente. Diversos estudios han confirmado los altos niveles de contaminación en el acuífero Patiño que se encuentra en estado grave. Recientemente, se hizo viral la fotografía de la contaminación de la Laguna Cerro de la ciudad de Limpio, que se tiñó en tonos rosáceos ante la aparición de cianobacterias a consecuencia de los desechos provenientes de una curtiembre.

Atendiendo al diagnóstico crítico mencionado, el gobierno se ha embarcado en acciones tendientes a mejorar la gestión del agua incluyendo planes maestros de agua y saneamiento en los cuales se prevé mejorar la cobertura y la calidad de la infraestructura de agua potable, de alcantarillado y saneamiento y la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Asunción que se encuentra en proceso de construcción y permitirá el tratamiento del 54% de las aguas residuales que se vierten en el río Paraguay. Los avances se reflejaron en un mayor acceso a agua y saneamiento. Al 2017, el acceso al agua para consumo por redes a nivel nacional fue de 78% según datos de la ERSSAN y el acceso a agua mejorada (que incluye además de agua potable, agua de pozos y la obtenida por lluvia) fue del 87%, según la encuesta de hogares de la DGEEC. Además, el acceso a saneamiento mejorado cubre al 83% de la población. No obstante, aún queda mucho por avanzar para garantizar un acceso a toda la población. En esta línea, a fines de julio de 2020 se inauguró un acueducto en la zona del Chaco luego de más de dos décadas de iniciativas al respecto.

Orientación a propósitos que respondan a problemas o necesidades relevantes de nivel sectorial, intersectorial y transversal

El agua es uno de los recursos más vitales del planeta, con múltiples dimensiones medioambientales, económicas, sociales, políticas y de biodiversidad. Por ello se debe adoptar un enfoque transversal donde exista una gestión integrada de recursos hídricos para promover la sostenibilidad de los mismos y propiciar un aprovechamiento más eficiente. En este sentido, se requiere de planificación del desarrollo de las cuencas hídricas, la protección de reservas de agua, y el diseño de políticas

⁴ FAO 2015. AQUASTAT Perfil de País - Paraguay.

⁵ PNUD (2006) Usos y Gobernabilidad del Agua en el Paraguay.

⁶ ESSAP. Diagnóstico del Sector Agua y Saneamiento

⁷ MOPC (2018) Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento

públicas que tengan en cuenta la utilización óptima del recurso hídrico en sus distintas aplicaciones para los diferentes actores y sectores involucrados propiciando un crecimiento económico sostenible.

A nivel sectorial, se pueden mencionar algunas estrategias que contribuirán a avanzar en este desafío en el corto, mediano y largo plazo. El uso del agua para fines agrícolas es de suma importancia ya que sirve para mitigar las pérdidas por sequías e inundaciones. Atendiendo que en promedio este sector utiliza el 70% del agua extraída a nivel mundial⁸, para promover su uso sustentable, se debe considerar planificar los cultivos en lugares con niveles de precipitaciones adecuados y optimizar los sistemas de riego y drenaje. La navegabilidad del agua facilita la logística del transporte fluvial que sirve como medio para promover el comercio exterior. El suministro de agua potable y de saneamiento y el tratamiento de aguas servidas es vital para el desarrollo de ciudades urbanas y de comunidades rurales, constituyéndose un pilar fundamental de la infraestructura de los países. Esto requiere de una adecuada planificación e inversión para garantizar la eficiencia en su aprovechamiento. Otras actividades productivas como las industrias y la minería también dependen de la disponibilidad permanente de agua segura. La utilización del potencial hidroenergético permite disminuir la cantidad de energía no renovable consumida y reducir la huella del carbono. Además, en el país este constituye un recurso para la exportación de energía eléctrica. Otras dimensiones exportables del agua también se derivan de la venta de agua dulce como un producto para consumo humano o de los servicios prestados como atractivos turísticos (pantanales, lagunas, arroyos). Asimismo, la protección de los ecosistemas acuáticos que cuentan con riqueza en biodiversidad y proveen servicios ambientales son esenciales para las comunidades ahora y a futuro.

Potencial para generar valor para el mundo

Usos de la energía eléctrica

Paraguay se posiciona entre los países con mayor producción de electricidad por habitante a nivel mundial, con una capacidad de producción de energía eléctrica de aproximadamente 60.000 GWh/ año⁹, lo que equivale a casi 9.000 kWh por habitante. No obstante, el mercado local demanda cerca del 17% de la energía producida, lo cual da margen a la exportación de energía. En los últimos cinco años, las exportaciones de energía eléctrica, en promedio, representaron el 24% de las exportaciones totales del país. De esta manera, Paraguay se ubica entre los principales exportadores de energía eléctrica a nivel mundial, posicionándose en el quinto lugar en 2018¹⁰.

Más aún, la generación de energía eléctrica en el país se destaca por ser principalmente renovable, gracias a la abundante disponibilidad de energía hidroeléctrica. Conforme a datos de energía sostenible del Banco Mundial,

en 2015, Paraguay se posicionó entre los cinco países con mayor porcentaje de producción de energía renovable sobre el total de electricidad producida. Considerando que se trata principalmente de energía renovable y que existe un mayor potencial de generar energía hidroeléctrica adicional en el país, el Paraguay podría continuar exportando niveles significativos de energía y existen perspectivas de mejorar los ingresos en concepto de venta de energía a los socios de las binacionales, en especial a Brasil, dada la revisión próxima en 2023 del anexo C del tratado de Itaipú y las notas reversales donde se establecen los conceptos y reglas de los valores de royalties, resarcimiento, y compensación por cesión de energía.

La energía eléctrica producida en el país y no utilizada, alternativamente a ser destinada a las exportaciones, podría ser, en parte o totalmente, utilizada en el mercado interno transformándose en mayor desarrollo económico. Por ejemplo, la hidroelectricidad puede ser un insumo en industrias electro-intensivas, en la producción y uso de autos eléctricos y la instalación de corredores verdes con abastecimiento de energía, la fabricación de motocargas eléctricas, así como la producción de hidrógeno y pilas de combustibles, entre otros. De esta manera, la utilización de la energía eléctrica para generar mayor valor agregado a la economía con conocimiento, innovaciones y tecnologías permitirá transformar la energía en desarrollo atrayendo inversiones extranjeras, además de ampliando y diversificando la oferta exportable del país con distintos productos y servicios.

Economía del hidrógeno verde

El hidrógeno (H₂) es un elemento abundante en la tierra, aunque se encuentra como compuesto, por ejemplo, en el agua en combinación con oxígeno, por lo cual debe ser extraído para su producción. Existen diversas formas de producirlo, pero algunas son libres de carbono y otras no. Una característica importante del hidrógeno es que contiene la mayor cantidad de energía en comparación con otros combustibles por peso. Así, el hidrógeno como portador de energía, tiene diversos usos como sustituir combustibles en transporte, y ser una alternativa a la electricidad y calefacción. Ello ha llevado a una creciente demanda de hidrógeno a nivel mundial, lo cual a su vez ha despertado el interés a nivel local. Desde 2005 Itaipú ha invertido en capacitaciones de recursos humanos con relación al hidrógeno y posteriormente se ha creado un centro de innovación de tecnología del hidrógeno para proyectar la producción de hidrógeno en el país.

Actualmente, a nivel mundial, se extrae hidrógeno principalmente del gas natural y del petróleo (más del 70% de la producción mundial) por lo cual se estuvo analizando la posibilidad de instalar una planta de producción de hidrógeno en el país, en el predio de la empresa Petróleos Paraguayos (Petropar). Más aún, a nivel internacional existe mucho interés en incrementar la producción mediante

⁸ El Agua en la Agricultura. Blog del Banco Mundial

⁹ Vice Ministerio de Minas y Energía.

¹⁰ Banco Mundial (WITS).

energías renovables como el agua, disminuyendo a su vez la huella del carbono. Paraguay tiene ventajas comparativas para la producción de hidrógeno verde dado que los insumos principales son agua y electricidad limpia para el proceso de electrólisis con lo cual podría posicionarse entre uno de los líderes en su producción a nivel regional¹¹. En esta línea, inversionistas extranjeros ya se han percatado de la oportunidad que ofrece el país, y la empresa israelí Seven Seas Energy Limited ya ha presentado un proyecto formal de inversión inicial de US\$1,5 millones en una planta de producción de hidrógeno por electrólisis y una posterior ampliación de US\$20 millones.

Capacidades locales para innovar

Las oportunidades de generar innovación en el sector hídrico van en aumento, en respuesta al creciente interés a nivel mundial, regional y nacional por lograr un uso sustentable del agua, teniendo en cuenta su importancia vital y múltiples usos. La Asociación Defensores del Chaco Pyporé y la Red de Jóvenes por el Agua del Paraguay desde el año 2018 realizan el Foro Agua y Juventud. En el 2019, jóvenes de todo el país presentaron proyectos innovadores aplicables al país para optimizar el uso del agua, con el apoyo de la Itaipú Binacional y del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). Algunos de los proyectos presentados ese año fueron: “Estimación de la Huella Hídrica de un Ingenio Azucarero, departamento Central, Paraguay”; “Humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales en comunidades vulnerables”, entre otros. En 2020 se compartieron experiencias sobre el tópico de “Resiliencia e Innovación en tiempos de crisis” y se realizó de forma virtual.

El Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)¹² de la Itaipú Binacional, creado en 2007, tiene como misión promover el desarrollo e innovación en el campo de la Hidroinformática, para atender y dar soporte al Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO - PHI. Itaipú, a través del CIH realizó la recuperación y puesta en marcha del *Modelo Reducido de la Presa*, uno de los mayores modelos reducidos físicos en el mundo. Otros programas del CIH local impulsados junto con la UNESCO son HELP y FRIEND. El primero tiene como objetivo el manejo integral de las cuencas hidrográficas mediante la creación de un marco legal en materia de agua y el segundo es un sistema integrado de gestión de base de datos. En Paraguay se realizó un programa para la implementación de Hydro-BID¹³, un sistema de simulación de hidrología y una experiencia pionera a nivel mundial desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo. Esta herramienta es gratuita, con acceso para el público y es capaz de realizar simulaciones hidrológicas (balance hídrico y cálculo de caudales) para un total de más de 230.000 cuencas delineadas y parametrizadas a lo largo de América Latina y el Caribe. El sistema fue diseñado para atacar problemas de agua, particularmente, en cuencas en las que se tiene muy

poca información hidrológica. También es muy útil para analizar los efectos de infraestructura (por ejemplo, presas, canalizaciones, carreteras, sistemas de riego para agricultura) en la disponibilidad de agua, y para planificar modificaciones o nueva infraestructura.

Investigación y Desarrollo Tecnológico

Existen diversas investigaciones y desarrollos tecnológicos en el país en torno al recurso hídrico, aunque es necesario lograr una mayor sinergia entre la academia y las instituciones públicas y privadas del sector. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) está financiando un total de 34 investigaciones referentes al manejo, uso, gestión y preservación del agua. Entre ellos, se encuentra el proyecto denominado “Evaluación del comportamiento hidráulico de plantas de tratamiento de aguas residuales a través de ensayos de trazador fluorescente de alta resolución espacial y temporal (14-INV-279)”, llevado a cabo por la Universidad Paraguayo-Alemana. Así como este proyecto, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (FI-UNA) ejecutó el proyecto de investigación llamado “Vehículo Autónomo de Superficie (ASV) para el Estudio de Calidad del Agua en Lagos y Lagunas (PINV15-177)”, en el cual se ha aplicado como un caso de estudio al lago Ypacarai¹⁴.

Por otro lado, la organización no gubernamental, “Agua”, ubicada en el municipio de Benjamín Aceval, ejecuta proyectos de investigación promoviendo el desarrollo sustentable del recurso hídrico desde el 2014. Uno de los últimos proyectos consistió en la elaboración de un mapa con grados de zonificación de áreas críticas de salinización de la región occidental Chaco. Agua también elaboró mapas temáticos de: recursos hídricos, corredores ríos, temporales, paleocauces, pozos someros, pozos profundos, zonificación de áreas de protección de recursos hídricos, un estudio de la dinámica hídrica superficial y subterránea del Chaco Paraguayo, la caracterización de los recursos hídricos para la gestión de la protección de la Reserva de la Biosfera del Bosque Mbaracayu, una cartografía hidrogeológica del sistema acuífero Yrenda Toba Tarijeño - Territorio Paraguayo, entre otros. Así como los proyectos mencionados con anterioridad, hay varios liderados por distintas universidades públicas y privadas, organizaciones y diversos grupos de investigación de alta calidad.

El CONACYT también financia, a través del Programa PROCIENCIA con recursos del Fondo para la Excelencia e Investigación – FEEI del FONACIDE¹⁵, la maestría en ingeniería de recursos hídricos impartida por la FI-UNA.- Este programa de estudios tiene el objetivo de formar docentes investigadores altamente calificados que atiendan los problemas existentes en el área de recursos hídricos, con énfasis en las áreas de: hidrología, mecánica de fluidos e hidráulica y planificación y gestión de los recursos hídricos.

¹¹ Folch (2020). Paraguay Post Pandemia

¹² <http://www.hidroinformatica.org/index.php/es/>

¹³ <http://sp.hydrobidlac.org/blog/?id=56>

¹⁴ <https://doi.org/10.3390/s20051488>

¹⁵ PROGRAMA PROCIENCIA – CONVOCATORIA 2013 – 14-POS-023

Contribución de la innovación y desarrollo tecnológico para servir de marco de aprendizaje-país.

Las prácticas de riego introducidas en los siguientes países permitieron logros importantes en la reducción del uso del agua y el aumento en la productividad de sus cultivos¹⁶. En Sinaloa, México, como respuesta a eventos climatológicos extremos, que ocasionaron escasez de agua y baja eficiencia en el riego por gravedad, se realizaron investigaciones sobre formas de ahorrar agua. El riego por goteo se demostró como un método excelente para la producción puesto que reduce los costos de producción y aumenta la productividad por hectárea. Con el método de riego por gravedad, la eficiencia de riego fue del 45%, sin embargo, en el riego por goteo fue de 91%.

En Chile, surgieron experiencias innovadoras aplicadas al riego para la producción de frutales. Debido a la limitada disponibilidad de agua, se manejan los riegos con alta precisión y lo hacen según el *estrés hídrico* de la especie frutal. La innovación en su sistema de riego ha sido apoyada con investigaciones, productores y el Ministerio de Agricultura de dicho país. En Colombia, los cultivos de arroz hicieron uso más eficiente del agua a través de prácticas como nivelación de tierras, uso de sifones y compuertas, siembra de variedades de ciclo más corto y mayor rendimiento por hectárea, y mejor respuesta a la fertilización con nutrientes adecuados. En los casos en que se usan las innovaciones referidas, el consumo de agua se ha reducido de 1078 m³ / ha/semana a 800 m³ /ha/semana; y el rendimiento ha aumentado de 5.4 a 7.4 t/ha.

En lo que refiere a agua y saneamiento, en Ecuador el proyecto Cenagrap utiliza un tipo de innovación socio-organizativa, articulando el gobierno autónomo municipal con 120 juntas de agua. El mismo ha logrado que sistemas comunitarios doten de agua de calidad, en cantidad suficiente y de manera continua, eficiente y sostenible a las comunidades, beneficiando a 44.000 usuarios. En México, se destacan dos iniciativas: la de Mesita Azul y el proyecto Isla Urbana. La primera es un sistema de desinfección de agua con luz ultravioleta; y la segunda, capta agua de lluvia para el consumo humano¹⁷.

Así, se encuentran evidencias de que en los países de la región utilizan la innovación, mediante herramientas tecnológicas y basados en investigaciones científicas. Además, para que el resultado tenga mayor éxito es importante contar con la cooperación de otros actores como los productores, entidades privadas y públicas.

¹⁶ https://www.redinnovagro.in/pdfs/gestion_del_agua.pdf

¹⁷ Mastrangelo, P. (2018). Water and Sanitation. Innovations you didn't know where from Latin America. BID

Justificación de la necesidad de intervención especial del sector público.

El sistema de abastecimiento de agua potable y el saneamiento básico está a cargo de las empresas públicas ESSAP y SENASA, y el ente regulador es la ERSSAN. La provisión de agua es complementada en parte por prestadores particulares conocidos como aguateros. No obstante, el mercado nacional de agua y saneamiento está casi completamente en manos del sector público, lo que genera poco interés de especialización e inversión en I+D del sector privado en el ámbito hídrico. Paralelamente, en otros países, donde existen espacios más abiertos de participación, conviven varias empresas privadas especializadas en el sector del agua, con un alto nivel de conocimiento tanto en las nuevas tecnologías de tratamiento como en la mejora de la eficiencia de su uso.

La complicada situación de estrés hídrico a nivel mundial genera cuestionamientos acerca de los modelos de gestión del agua. De acuerdo con la ONU, los países deben considerar las aguas residuales como fuente de agua para diversos usos distintos al agua potable. En ese marco, han surgido iniciativas como, utilizar las aguas grises¹⁸ de los hogares para la irrigación en la agricultura o para la limpieza de calles y edificios. También se hace necesaria la implementación de tecnología que ayude a aplacar las pérdidas de agua en la distribución. Con tal fin, se ha estudiado la utilidad potencial del *big data* y del internet de las cosas (IoT) aplicado a las redes para determinar el flujo y comportamiento y detectar fugas en cualquier punto en tiempo real. De esta manera, surgieron conceptos como el *smart water network* que brinda información de lo que sucede en las redes de agua evitando el desperdicio del recurso.

A pesar de los importantes avances a nivel país en la cobertura del servicio, aún existen profundos desafíos para garantizar la seguridad hídrica de las próximas generaciones. Cabe preguntarse: ¿Es oportuno pensar en un cambio del marco regulatorio que permita la participación y competencia privada en servicios puntuales que ayuden al mayor aprovechamiento, cuidado y tratamiento del recurso a través de nuevos modelos tecnológicos que apoyen la gestión pública? Estas alternativas requieren el fortalecimiento del Estado como regulador y una gestión integrada de recursos hídricos, con una estructura de coordinación de las necesidades sectoriales, las políticas del agua y la asignación de recursos, dentro del contexto de la sustentabilidad ecológica, la eficiencia económica y la equidad social¹⁹. La transversalidad del recurso hídrico hace necesaria una autoridad técnica, presupuestaria y normativamente fortalecida para conciliar todos los sectores e intereses involucrados.

¹⁸ Las aguas grises son las que provienen del uso doméstico, tales como el lavado de utensilios de cocina y ropa, así como la ducha, excepto las del sanitario.

¹⁹ PNUD, 2006. Usos y gobernabilidad del agua en el Paraguay.