



Proyecto financiado
por la Unión Europea

DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO

AGOSTO 2020

Proyecto
implementado por:





Eficiencia Energética en Argentina”, apostando por conformar un sector energético más sostenible y eficiente en Argentina

Este Diagnóstico ha sido elaborado por el siguiente equipo de profesionales: Autor principal Ignacio Sagardoy, con la colaboración de Hilda Dubrovsky.

© Consorcio liderado por GFA Consulting Group, 2019. Reservados todos los derechos. La Unión Europea cuenta con licencia en determinadas condiciones



ÍNDICE

ACRONISMOS	6
Presentación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina	7
1. Introducción	10
2. Caracterización Sectorial Económica.....	10
2.1. Recursos hídricos en la República Argentina	11
2.1.1. Disponibilidad de agua	11
2.1.2. El uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en el país	11
2.1.3. Balance y situaciones ambientales críticas y extremas.....	13
2.1.4. Caracterización de la calidad del agua	14
2.2. Aspectos institucionales.....	16
2.2.1. Actores en la formulación de políticas y planificación	17
2.3. Agua potable y saneamiento.....	18
2.3.1. Organización del sector agua y saneamiento a nivel provincial	21
2.3.2. Organización de la industria de agua y saneamiento.....	22
2.3.3. Cobertura de los servicios	23
2.3.4. Calidad y condiciones del servicio.....	29
3. Esquema productivo y Consumo energético del sector de agua y saneamiento	31
3.1. Consumo energético en sector de agua y saneamiento a nivel nacional	32
3.2. Benchmarking en base a distintas fuentes bibliográficas que analizan el vínculo agua-energía en el contexto del ciclo integral del agua	36
3.2.1. California's Water-Energy Relationship	41
3.2.2. Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands. WaterReuse Research Foundation.	41
3.2.3. Water and Energy. The United Nations World Water Report.....	44
3.2.4. Energy Index Development for Benchmarking Water and Wastewater Utilities. AWWA Research Foundation.	45
3.2.5. Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava.	46
3.2.6. Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia.	47
3.2.7. Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE).	47
3.2.8. Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería.....	51
3.2.9. Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus	51
3.2.10. Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado.....	52
3.3. Resumen de bibliografía recopilada.	53



4. Conclusiones para el Sector Agua y Saneamiento en Argentina.....	54
ANEXO I. Recursos Hídricos en Argentina	63
A.1. Disponibilidades de los recursos hídricos en Argentina.....	63
A.1.1. Disponibilidades de los recursos hídricos relacionadas con el clima.....	63
A.1.2. Disponibilidades de recursos hídricos superficiales:	64
A.1.3. Disponibilidades de recursos hídricos subterráneos	65
A.2. Las vertientes y cuencas hidrográficas nacionales e internacionales del país.	65
A.2.1. Cuenca del Plata	66
A.2.2. Cuencas de la vertiente atlántica.....	67
A.2.3. Cuencas de la vertiente del Pacífico	68
A.2.4. Cuencas sin desagüe al océano	68
BIBLIOGRAFIA	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extracciones de Agua (1993 – 1997).....	12
Tabla 2. Superficie de suelos afectados por erosión hídrica.	14
Tabla 3. Cantidad de prestadores de servicios de agua potable y saneamiento.....	22
Tabla 4. Habitantes con y sin servicio en aglomerados, resto urbano y rural, año 2015.	27
Tabla 5. Población de Argentina y coberturas de servicios (2010). Cantidad de habitantes.	27
Tabla 6. Población y cobertura de servicio de agua potable y red de cloaca en 2019 y proyección (objetivo) a 2029.....	29
Tabla 7. Consumos anuales de energía de Grandes Usuarios de CAMMESA para el sector de agua y saneamiento.	36
Tabla 8. Potencias Unitarias, expresadas en W/h.e., de los principales elementos de una planta depuradora, diferenciadas por tamaño del municipio.	40
Tabla 9. Rango de la intensidad energética en el Estado de California, 2001.....	41
Tabla 10. Intensidad energética para el transporte hasta la planta potabilizadora.	42
Tabla 11. Intensidad energética en una ETAP clásica.	42
Tabla 12. Intensidad energética del proceso de desinfección en una ETAP.	42
Tabla 13. Intensidad energética obtenida en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) convencional.....	43
Tabla 14. Intensidad energética en el ciclo urbano.	44
Tabla 15. Intensidad energética del abastecimiento en municipios de la Costa Brava.	46
Tabla 16. Intensidad energética del saneamiento en municipios de la Costa Brava.....	46
Tabla 17. Intensidad energética del ciclo urbano en Valencia.	47
Tabla 18. Potencia unitaria (W/h.e.) de los principales elementos de una planta depuradora..	48



Tabla 19. Potencias por habitante (W/h.e.) de una planta depuradora en función de su tamaño.	49
Tabla 20. Potencial de ahorro en depuración urbana.	50
Tabla 21. Intensidad energética en el abastecimiento urbano de Almería.	51
Tabla 22. Intensidad energética en el saneamiento urbano de Almería.	51
Tabla 23. Intensidad energética en el ciclo urbano del agua en España.	51
Tabla 24. Consumo global de energía en el ciclo urbano del agua en España.	52
Tabla 25. Rango de variación de la intensidad energética en el ciclo urbano del agua en España.	52
Tabla 26. Resumen de los valores de intensidad energética en las distintas fases del ciclo urbano del agua.	53
Tabla 27. Resumen de Consumos energéticos por unidad tratada, por día y total anual.	55
Tabla A-1. Caudales característicos de algunos de los principales ríos en Argentina.	64
Tabla A-2. Resumen de aportes por vertiente y sistema.	66

ÍNDICE GRAFICOS

Gráfico 1. Cobertura de agua y cloacas en todo el país. Período 1991-2015.	24
Gráfico 2. Cobertura de agua y cloacas en población urbana. Período 2010-2018.	25
Gráfico 3. Porcentajes de micro-medición por provincias, 2009/2010.	28
Gráfico 4. Consumos anuales de energía en GWh de instalaciones de la empresa de servicios de agua y saneamiento AySA.	34
Gráfico 5. Distribución de consumos por procesos que lleva adelante AySA.	35
Gráfico 6. Valores típicos de la intensidad energética en el ciclo del agua para distintos tratamientos, en kWh/m ³	44
Gráfico 7. Relación entre la energía usada y la predicha por el modelo.	46
Gráfico 8. Potencia requerida por unidad de tratamiento.	50
Gráfico 9. Estimación de consumos energéticos en el sector agua y saneamiento en Argentina para el año 2020 en base a fuentes bibliográficas y cálculos propios.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen de datos de actividad de AySA para el año 2017.	33
Figura 2. Resumen de datos de actividad de AySA para el año 2018.	33
Figura 3. Consumo de energía de la empresa AySA.	34
Figura 4. Esquema básico del ciclo del agua.	38
Figura 5. Esquema con el “Límite del Agua Fría”.	38



ACRONISMOS

AAPRESID, Asociación de Productores de Siembra Directa
ACUMAR, Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
AdCSapem – Catamarca, Aguas de Catamarca SAPEM
ADERASA, Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas
AIC, Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas
APLA, Agencia de Planificación
AySA Agua y Saneamientos Argentinos S.A.
BNEU, Balance Nacional de Energía Útil
CAMMESA
CIJ, Centro de Información Judicial
COFEMA, Consejo Federal del Medio Ambiente
COHUIFE, Consejo Hídrico Federal
COMIP, Comisión Mixta argentino – paraguaya del Río Paraná
DPA, Dirección Provincial de Aguas
DUE, Delegación de la Unión Europea
EDAR, Estación depuradora de aguas residuales
ENOHSA, Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento
EPRI, Electric Power Research Institute
ERAS, Ente Regulador de Agua y Saneamiento
ETAP, Estación de tratamiento de agua potable
FCEQyN, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales
Fo.Na.Vi, Fondo Nacional de la Vivienda
GBA, Gran Buenos Aires
GU, Grandes Usuarios
GWh, GigaWatt hora
HEA, huella energética del agua
IDAE, Instituto para la Diversificación de la Energía
INA, Instituto Nacional del Agua
INDEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos
kWh/MG, kilowatt hours/million gallons
MAGYP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
OSN, Obras Sanitarias de la Nación
PlanEEAr, Plan Nacional de Eficiencia Energética
SSERyEE, Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaría de Energía de la Nación
W/h.e, Habitante equivalente



Presentación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina

Este Diagnóstico del Sector Agua y Saneamiento¹ se enmarca en el proyecto de Cooperación entre la Unión Europea y Argentina, "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA", financiado por el *Partnership Instrument de la Unión Europea*.

El proyecto como tal tiene como OBJETIVO GENERAL, **contribuir a la estructuración de una economía nacional más eficiente en el uso de sus recursos energéticos disminuyendo la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo**. Los OBJETIVOS PARTICULARES son:

- ✓ Contribuir al cumplimiento de los compromisos de reducción de gases de efecto invernadero asumidos en la Contribución Nacional de la República Argentina a través del Acuerdo de París de 2015.
- ✓ Desarrollar un Plan Nacional de Eficiencia Energética (PlanEEAr), junto con el marco regulatorio requerido para su implementación que se oriente, especialmente, a los sectores industria, transporte y residencial.
- ✓ Recibir asistencia técnica de la UE para determinar estándares de eficiencia y etiquetados de performance energética, implementar sistemas de gestión de la energía en industrias, optimizar el consumo energético en el sector público, y participar en actividades internacionales relacionadas, beneficiándose de buenas prácticas y mejoras tecnológicas de eficiencia en el uso de la energía.

El proyecto está implementado por un consorcio liderado por *GFA Consulting Group* (Alemania) junto con *Fundación Bariloche* (Argentina), *Fundación CEDDET* (España) y *EQO-NIXUS* (España) bajo la coordinación de la Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaría de Energía de la Nación (SSERyEE), y de la Delegación de la Unión Europea (DUE) en Argentina.

El proyecto se encuentra estructurado en dos componentes y ocho actividades (Task) que se mencionan a continuación y que interactúan entre sí y alimentan al desarrollo del plan nacional de eficiencia. Cada task cuenta además con un conjunto de actividades.

COMPONENTE I: DESARROLLO DE UN MARCO PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actividad I.1: Asistencia técnica para el desarrollo del Plan Nacional de Eficiencia Energética

Actividad I.2: Balance Nacional de Energía Útil para los sectores: Residencial (Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares ENGHo-INDEC), **Industria** y Transporte.

Actividad I.3: Asistencia Técnica para reformas políticas

Actividad I.4: Eventos anuales Argentina-Unión Europea para la Eficiencia Energética

COMPONENTE II: TECNOLOGÍAS Y KNOW-HOW PARA SECTORES CLAVE

Actividad II.5: Auditorías en Eficiencia Energética para sectores clave de la industria, residencial y transporte

Actividad II.6: Modelos de financiamiento para proyectos de Eficiencia Energética

Actividad II.7: Soporte a planes municipales de Eficiencia Energética

Actividad II.7a: Certificación en edificios residenciales

Actividad II.7b: Auditorías en edificios públicos

Actividad II.7c: Eficiencia Energética en manejo de flotas

Actividad II.8: Unión Europea – Argentina Matchmaking event

¹ Este Diagnóstico ha sido elaborado por el siguiente equipo de profesionales: Autor principal Ignacio Sagardoy, con la colaboración de Hilda Dubrovsky.



La elaboración de este diagnóstico, se enmarca dentro de la Actividad I.1. en la que se desarrollará una propuesta de diseño de política energética. Ese diseño puede resumirse en torno a un conjunto de preguntas clave que guiarán el trabajo y que se resumen así: ¿de qué se parte?, es decir la situación actual del país o región; ¿a qué se aspira?, la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar; y ¿cómo actuar?, el conjunto de estrategias sectoriales (conformadas por diferentes acciones) que forman parte de la planificación de las políticas públicas. Estas preguntas pueden ser complementadas por aquellas que guían a la selección de sectores o subsectores prioritarios en los cuales actuar (¿dónde?), la selección de las líneas estratégicas u acciones que pueden motivar el alcance de los objetivos (¿cómo?), la identificación de los motivos por los cuales estas acciones no se implementan por parte de los actores, es decir las barreras o problemas que se enfrentan (¿por qué?), la identificación de los instrumentos a utilizar (¿con qué?), qué acciones implementar (¿por medio de qué?), y de qué forma evaluar (¿cómo medir?).

El proceso de elaboración del PlanEEAr se iniciará con un **diagnóstico de la situación actual** en el país en términos de consumo energético, eficiencia energética, planes y programas implementados, del objetivo en términos de metas o *targets* de eficiencia energética; y de la situación de cada uno de los 19 sectores productivos² que han sido definidos como relevantes por parte de la Secretaría de Energía, entre los que se encuentra el **sector Agua y Saneamiento**.

El objetivo de los diagnósticos es dar una caracterización preliminar de la situación económica y energética, basados en información existente sobre trabajos desarrollados por la Secretaría de Gobierno de Energía y la opinión de actores clave, para ser utilizados en el PlanEEAr y en la elaboración de escenarios energéticos.

Es importante destacar que, si bien se ha definido un contenido de máxima de información a recopilar durante estos diagnósticos, el alcance de los mismos, depende de la información disponible y de la relevancia del sector en términos de consumo energético, emisiones o variables económicas. Así, no todos los diagnósticos sectoriales tienen el mismo grado de detalle, desarrollo o profundidad.

Respecto de la metodología para la elaboración de diagnósticos, la misma se basa en dos etapas. En primer lugar, revisión de escritorio de información secundaria³. En segundo lugar, se realizan entrevistas con actores clave o informantes calificados.

Los diagnósticos permiten establecer el potencial de eficiencia energética y las medidas a implementar para alcanzar estos potenciales.

Se espera que, en el avance del proyecto, se elaboren **Escenarios Socioeconómicos y Energéticos** (la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar) que **serán modelados, y con los que se simularán y cuantificarán los impactos de la implementación de las medidas de eficiencia finalmente propuestas en cada sector**.

El esquema lógico adoptado en el que se insertan los diagnósticos es el que se representa en la

² Esos 19 sectores son: Sector Primario, Minería, Producción de Petróleo y Gas, Sector Alimenticios, Textil, Sector Papelero, Madera y Carpintería, Sector Refinación petrolera y producción de combustible nuclear, Sector Químico y Petroquímico, Sectores metales y no metales, Sector metalmeccánico, Sector Automotriz, Reciclado, Oferta de Electricidad, Gas Natural y Agua, Construcción, Comercio, Hoteles y restaurantes, Transporte, y Administración pública, enseñanza, social y salud.

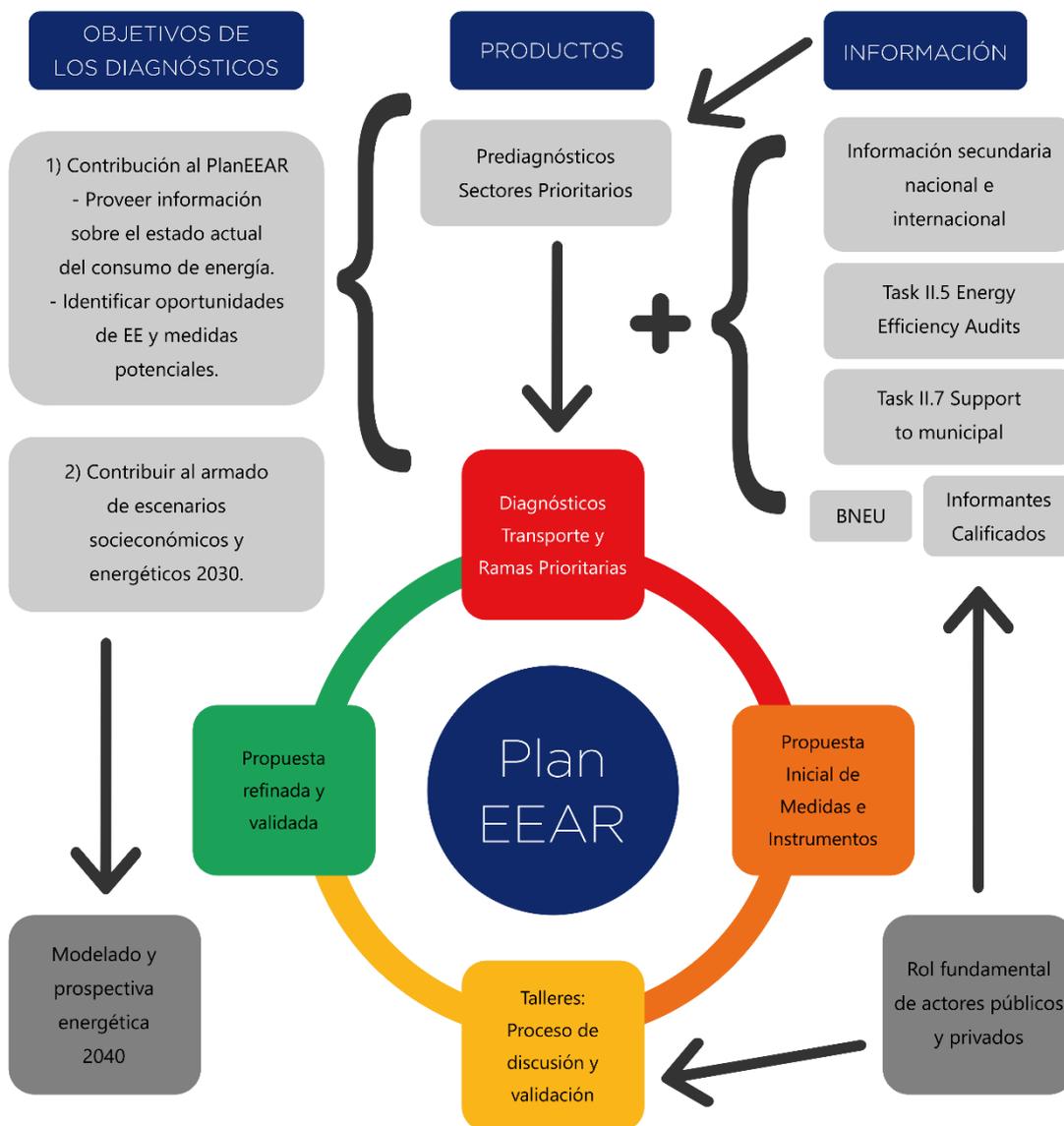
³ En el caso del sector Agua y Saneamiento sólo se desarrollará esta etapa.



figura siguiente.

Esquema lógico de trabajo, incluyendo diagnósticos/prediagnósticos

DIAGNOSTICOS SECTORIALES



A continuación, se presenta el documento sectorial elaborado.



1. Introducción

El presente documento, forma parte de la serie de diagnósticos sectoriales de uso de energía y eficiencia en Argentina, e intenta comenzar a abordar la situación particular del sector denominado Agua y Saneamiento. Este sector es el responsable de brindar el servicio de agua para consumo humano (potabilizada) y para otros usos mediante la captación, tratamiento y distribución por redes, así como recolección y tratamiento de las aguas residuales domiciliarias e industriales, de acuerdo, a los marcos particulares establecidos en cada jurisdicción.

Dada la heterogeneidad de las realidades existentes en el país, debido a las distintas disponibilidades y características de los recursos hídricos, así como la multiplicidad de marcos normativos, jurisdicciones y prestadores de servicios, antes de abordar la cuestión energética se presentará información que se considera relevante para entender el funcionamiento del sector. Por este motivo, en los primeros capítulos se resume la información hallada (en algunos casos histórica) para este documento que describe el sistema hídrico nacional respecto del recurso natural, y luego se caracteriza el sistema de abastecimiento y tratamiento de agua, desde un punto de vista organizacional, funcional y legal.

Finalmente, se trata de estimar el consumo energético de este sector, obtenido a partir de la información recopilada -principalmente de estudios e informes extranjeros- para luego hacer una asociación con la información local y así estimar tanto el consumo energético como el potencial ahorro que se podría lograr mediante distintas estrategias y medidas. Es importante destacar que el análisis se ha realizado, teniendo en cuenta que existe una relación importante y compleja entre **el agua y la energía. Esa complejidad, no solo se expresa porque la obtención y gestión de agua requiere energía, sino también porque la producción de energía requiere agua, y porque adicionalmente existe estrecha relación entre la energía y el agua con el clima y con el cambio climático.**

Es necesario aclarar que la información a niveles nacional y desagregado específica del sector es escasa, respecto a la capacidad instalada y en funcionamiento (plantas de tratamiento, tecnologías, factores de uso, etc.) pero en particular respecto al aspecto energético. Por este motivo, **las estimaciones propuestas presentan un alto nivel de incertidumbre y deben ser consideradas como una primera aproximación que debe ser mejorada con estudios sucesivos.**

Al tratarse de un informe en gran parte descriptivo del sector, se han utilizado en varios casos citas textuales⁴, actualizando la información, acotando y aclarando cuando se consideró necesario.

2. Caracterización Sectorial Económica

A continuación, se hace un resumen descriptivo del sistema hídrico, del agua y del saneamiento argentino, extraído⁵ principalmente del Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina⁶, y del Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento⁷.

⁴ A lo largo del documento, los extractos textuales de otros informes se identifican por el uso de la cursiva.

⁵ Se ha optado por utilizar mucha información en forma textual (cursiva) de los documentos mencionados, realizando en los casos que correspondieren actualizaciones sobre datos concretos.

⁶ Calcagno, A., Mendiburo, N. y Gaviño Novillo, M. World Water Vision, 2000.

⁷ Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, Cobertura Universal y Sostenibilidad de los Servicios. Lineamientos y Principales Acciones, Segunda versión, junio de 2017. Dirección Nacional de Agua potable y Saneamiento, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Secretaría de Obras Públicas, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda; Presidencia de la Nación. 2017.



Se presenta, en primera instancia, información del sistema hídrico del país desde el punto de vista de los recursos, su ubicación, usos, balances y características. Luego se describe el sistema de agua y saneamiento desde el ordenamiento institucional y legal, los actores involucrados, hasta los niveles de cobertura y calidad del sector.

2.1. Recursos hídricos en la República Argentina

2.1.1. Disponibilidad de agua⁸

Globalmente la Argentina dispone de una oferta hídrica media anual por habitante sumamente importante, superior a los 22.500 m³/hab. No obstante, la distribución de la oferta es muy irregular, por lo que en varias provincias de la región árida la disponibilidad de agua se ubica bien por debajo del umbral de stress hídrico propuesto por el PNUD. El Sistema de la Cuenca del Plata, por ejemplo, concentra más del 85 % del derrame total medido.

*La variedad de climas que resultan de la gran extensión y ubicación del territorio, la diversidad de relieves y las consecuentes variaciones de humedad y temperatura determinan regímenes hídricos muy variados. **Dos tercios de la superficie del País se encuentra bajo condiciones climáticas áridas o semiáridas.** A la variación estacional muy pronunciada, se suma una alta variabilidad interanual, en muchos casos incrementada por los fenómenos climáticos globales como el de la Corriente del Niño, que provocan problemas de sequías e inundaciones según las regiones.*

En Argentina se hace un uso importante de las aguas subterráneas ya que un 30% del agua promedio extraída en el ámbito nacional para los distintos usos, es de origen subterráneo. En el caso del riego en las regiones áridas y semiáridas, las reservas de agua subterránea cumplen un rol esencial al asegurar una regulación plurianual de los recursos. Contrasta con esa importancia, la insuficiencia del conocimiento general de los aspectos geomorfológicos e hidrológicos de las principales regiones hidrogeológicas.

Existe en Argentina una amenaza creciente a la sostenibilidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas por prácticas agrícolas no conservacionistas, deforestación, el uso de agroquímicos y los cambios en el uso del suelo, particularmente la urbanización, que perturban el balance hídrico y las condiciones de calidad de las fuentes. Se destacan la contaminación de cursos superficiales y acuíferos en la zona de influencia de las grandes aglomeraciones urbanas y polos industriales (p. ej., el cordón industrial del Paraná –Río de la Plata desde las ciudades de Rosario hasta La Plata) y en los grandes oasis de riego (p. ej.: Mendoza Norte) y de lagos (Lagos San Roque, Nahuel Huapi, Embalse Río Hondo, etc.) por vertidos urbanos e industriales.

2.1.2. El uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en el país

2.1.2.1. Los usos extractivos

Los sectores de agua potable y saneamiento y de riego, sobresalen en relación con los usos consuntivos del agua. La Tabla 1 presenta la distribución de las extracciones de agua por tipo de

⁸ Ver **Anexo 1** para más detalle sobre disponibilidad y recursos hídricos en la República Argentina.



uso consuntivo para el año 2000. El riego demanda un 70% del total, seguido por el abastecimiento municipal, el abrevado de ganado y el uso industrial.

Tabla 1. Extracciones de Agua (1993 – 1997)

USOS CONSUNTIVOS	AGUA DE SUPERFICIE		AGUA SUBTERRÁNEA		TOTAL
	10 ⁶ m ³ /año	%	10 ⁶ m ³ /año	%	10 ⁶
Riego	18 000	75	6 000	25	24 000
Ganadero	1 000	34	2 000	66	3 000
Municipal	3 500	78	1 000	22	4500
Industrial	1 500	60	1 000	40	2 500
TOTAL	24 000	70	10 000	30	34 000

Fuente: BIRF, 1995 y FAO-Aquastat

Fuente: Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina.

El país contaba a principio de siglo XXI con 125 sistemas o zonas de riego, considerando riego complementario e integral, tanto público como privado. En ciertas zonas, en especial de la región árida, se tiene un registro por parte del Estado, de las concesiones y usos del agua, en otras este uso es principalmente privado, por bombeo directo de fuentes superficiales y/o subterráneas y generalmente sin mediar una concesión o permiso de uso del agua, lo cual dificulta el control y el conocimiento exacto de las superficies.

Se considera que el potencial de tierras aptas para riego es del orden de 6.300.000 hectáreas, de las cuales solo 2,5 millones pueden ser factibles de habilitar para riego integral. La superficie regada total era -a comienzos de siglo- del orden de 1,5 millones de hectáreas⁹ (73% o 1,1 millones de hectáreas en las zonas áridas y semiáridas), mientras que la superficie con infraestructura de riego disponible (incluyendo en ésta toda la empadronada) cubría unos 1,75 millones de hectáreas. Si bien esto indicaría que hay un gran potencial de expansión en muchos casos se requieren aún grandes inversiones para llegar a entregar el agua a las áreas a incorporar. El 68% de la superficie bajo riego se ubicaba en las regiones áridas y semiáridas del país y el 32 % restante, en las regiones húmedas y se trata de riego complementario o riego para arroz. El 74 % de los sistemas o áreas pertenecían y/o eran administradas por el sector público y el 26 % por el sector privado. El área bajo riego representa aproximadamente 5 % del área agrícola del país (alrededor de 30 millones de hectáreas para el año 2000¹⁰).

Los atrasos tecnológicos referidos al riego se reflejan en métodos de mantenimiento deficientes y sistemas obsoletos de aplicación y distribución del agua por gravedad. Las restricciones financieras que han sufrido periódicamente las economías provinciales y la falta de crédito han impedido la reconversión de los cultivos perennes que manifiestan los mayores atrasos tecnológicos, ha demorado la implementación de los procesos de diversificación y repercute en el aumento de la obsolescencia de las obras civiles, instalaciones, maquinarias y otros equipos.

⁹ En 2015 se estimaba en aproximadamente 2 millones de hectáreas la superficie cultivada bajo riego según consignaban estudios de la FAO y el entonces Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

¹⁰ A 2019 la superficie agrícola estimada es de 38 millones de hectáreas (alrededor del 90% correspondiente a sistemas de siembra directa). Dato obtenido del Informe de evolución de Siembra Directa en Argentina, Campaña 2018/2019. Martín Rainaudo, Asociación de Productores de Siembra Directa (Aapresid).



La mayoría de los Distritos de Riego (el riego público), inicialmente bajo la tutela del Gobierno Federal (del orden de 800.000 hectáreas), fueron transferidos a las Provincias cuando se inició el proceso de privatización. Esta nueva responsabilidad provincial dio apertura al proceso de descentralización de la operación y el mantenimiento de los sistemas en organizaciones de usuarios supervisadas por la autoridad de aguas.”

2.1.2.2. Los usos no extractivos

“La necesidad de incrementar la disponibilidad del recurso hídrico regulando su variabilidad estacional, de atenuar crecidas y de generar energía eléctrica, impulsó desde principios de siglo XX en la Argentina la construcción de embalses y aprovechamiento de propósito múltiple. Inicialmente los esfuerzos del Estado se orientaron a las zonas áridas y semiáridas, acompañando e impulsando el desarrollo de las áreas de riego, y posteriormente a la generación masiva de energía eléctrica, por medio de grandes obras de carácter binacional en el río Paraná y Uruguay.

A la fecha el País ha construido una importante capacidad de regulación con más de 100 aprovechamientos en funcionamiento y dedicados en su gran mayoría a usos múltiples: generación eléctrica, suministro de agua, riego, atenuación de crecidas, navegación y recreación.

La construcción de la mayor parte de los embalses en paisajes áridos o semiáridos, de muy baja o nula densidad poblacional, no generó conflictos ambientales significativos en relación con los beneficios derivados de la regulación de crecidas y del riego. Sin embargo, a partir de la década de 1980, la construcción y el proyecto de obras en la región húmeda mediante aprovechamientos binacionales de porte en los ríos Uruguay y Paraná, en un marco de mayor preocupación comunitaria por las consecuencias ambientales y sociales de las acciones de desarrollo, han generado conflictos que impulsaron, por un lado, el establecimiento de procedimientos de evaluación de impacto ambiental para las obras del sector de la energía (caso del aprovechamiento de Salto Grande), y por otro, que esas preocupaciones se constituyan en protagonistas de decisiones técnicas y políticas sobre el desarrollo de las obras (caso de la obra de Yacyretá, Garabí, y del proyecto futuro del complejo Cóndor Cliff/Barrancosa).

Uno de los principales conflictos ambientales derivados de la construcción de presas resulta de la inundación del valle fluvial con obras permanentes, producto de disminución del riesgo de crecidas y de ausencia de medidas de zonificación y control del uso del suelo en las áreas inundables. En los últimos tiempos se han sumado además resistencias por parte de grupos anti-represas que proponen el mantenimiento de los cursos de agua libres de obras que transformen la fisonomía del paisaje y el ambiente, sin importar que se trate de embalses de llanura o en valles confinados.

La navegación fluvial, se desarrolla en las grandes vías fluviales del Sistema de la Cuenca del Plata. Desde el Río de la Plata hasta el Puerto de Santa Fe, se mantiene un canal de navegación con calado de 30 pies y señalizado, que permite la navegación diurna y nocturna de buques de gran porte. Desde allí hasta Corrientes (Km. 1210) el calado se limita a 10 pies, lo que determina el predominio de trenes de barcazas. La ruta barcacera continúa hacia aguas arriba por el río Paraguay, o por el río Alto Paraná hasta Puerto Iguazú (Km 1927), atravesando el canal esclusado del aprovechamiento de Yacyretá.

2.1.3. Balance y situaciones ambientales críticas y extremas

En la Argentina, a pesar de la importante oferta global de agua que exhibe, se presentan grandes desbalances entre demanda potenciales y disponibilidad en amplias regiones del país. En la región árida y semiárida, el déficit hídrico por escasez y variabilidad estacional de la oferta, limita



las posibilidades productivas que los suelos y condiciones climáticas hacen favorables al desarrollo de productos agrícolas de alto valor relativo. En la región húmeda y subhúmeda donde la oferta de agua y climática permite desarrollar cultivos de secano o con riego complementario, la degradación de la calidad de las aguas establece limitaciones cada vez más severas a la disponibilidad del recurso. En esta región se ubican los asentamientos humanos más importantes en coincidencia con áreas de fuerte desarrollo industrial.

La Argentina ha soportado periódicamente fenómenos extremos de crecidas y de sequías en distintas regiones del país. Estos fenómenos se han visto intensificados y con ocurrencia más frecuente en las últimas décadas. La región de la cuenca del Plata es la que soporta los fenómenos de crecidas extraordinarias de mayor magnitud en términos de volúmenes, tiempos, áreas inundadas y pérdidas. También se observan fenómenos aluvionales por lluvias torrenciales con movimiento de grandes masas de material sólido (región de la precordillera oriental en el noroeste, bardas en la región del Comahue), por fusión rápida de las nieves en el piedemonte andino, o por fuertes tormentas en zonas urbanas.

Tabla 2. Superficie de suelos afectados por erosión hídrica.

Provincia	Superficie (ha)	Erosión hídrica			
		Moderada	Grave y severa	Total	%
Buenos Aires	30.757.000	4.700.000	100.000	4.800.000	16,0
Córdoba	16.877.000	740.000	360.000	1.100.000	7,0
Corrientes	8.820.000	585.000	80.000	665.000	8,0
Chaco	9.963.000	1.385.000	745.000	2.130.000	21,0
Chubut	22.469.000		1.330.000	1.330.000	6,0
Entre Ríos	7.878.000	650.000	550.000	1.200.000	15,0
Formosa	7.207.000	2.400.000	450.000	2.850.000	40,0
Jujuy	5.322.000	600.000		600.000	11,0
La Pampa	14.344.000		20.000	20.000	0,2
La Rioja	9.233.000	1.000.000	2.400.000	3.400.000	37,0
Misiones	2.980.000	200.000	60.000	260.000	9,0
Río Negro	20.301.000	540.000		540.000	3,0
Salta	15.477.000	115.000	65.000	180.000	1,0
San Juan	8.614.000	800.000	1.750.000	2.550.000	30,0
San Luis	7.675.000	600.000	530.000	1.130.000	15,0
Santa Cruz	24.394.000		940.000	940.000	4,0
Santa Fe	13.300.000	1.000.000	210.000	1.210.000	9,0
Tucumán	2.252.000	27.000	36.000	103.000	4,5
TOTALES	228.179.000	15.382.000	9.66.000	25.008.000	11,0

Fuente: FECIC, 1998

Fuente: Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina.

2.1.4. Caracterización de la calidad del agua

Existe en Argentina una amenaza creciente a la sostenibilidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas por la alteración antrópica del uso del suelo en su cuenca de aporte. **Las prácticas agrícolas no conservacionistas, la deforestación, el uso de agroquímicos y los cambios en el**



uso del suelo, particularmente la urbanización, perturban el balance hídrico y las condiciones de calidad de las fuentes.

Ejemplo de estos fenómenos son:

- *el incremento en la cantidad de sólidos en suspensión por mayor erosión hídrica debido a procesos de deforestación, sobrepastoreo o mal manejo de las tierras arables, como se verifica en Misiones, algunas áreas de la cuenca del Bermejo y otras zonas del país;*
- *la presencia de plaguicidas en cursos superficiales, como se ha detectado en aguas del Río Uruguay y del Río Negro.*
- *la contaminación de reservorios superficiales como el Embalse de Río Hondo, en Santiago del Estero, o los Lagos San Roque y Los Molinos en Córdoba, el Lago Lacar en Neuquén y el Lago Nahuel Huapi en Río Negro que se registraron por vertido de aguas servidas sin tratar de asentamientos urbanos e industriales ribereños o situados en la cuenca de aporte.*
- *la contaminación de acuíferos por disposición de líquidos cloacales en pozos ciegos, como ocurre con el “Puelche” en la Provincia de Buenos Aires o el desarrollo urbano industrial intensivo como sucede en el cordón urbano industrial que bordea al Río Paraná desde Rosario hasta La Plata, donde ríos en estado muy grave de contaminación como el Matanza Riachuelo y el Reconquista, en la zona del Gran Buenos Aires, constituyen la expresión más elocuente. Contribuyen a esta situación graves deficiencias en el manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos y tóxicos industriales, particularmente en las periferias urbanas.*

En el interior del país, las grandes industrias y las actividades productivas extensivas son causa de contaminación de fuentes de agua superficiales y subterráneas. Por ejemplo, la industria petroquímica, y extracción de calizas (Región Pampeana), la extracción petrolera, industria azucarera, y fundiciones de plomo (Noroeste), Extracción petrolera y de uranio (Cuyo), y la extracción petrolera y de carbón (Patagonia Sur).

En la Capital Federal y el conglomerado urbano de Buenos Aires, durante los últimos 30 años, hubo que sacar de servicio más de 500 pozos de abastecimiento de agua potable a la población por problemas de calidad debidos a una explotación irracional del acuífero (elevados contenidos de nitratos por pozos ubicados en zonas urbanas, salinización por sobre explotación contaminación industrial).

En zonas rurales de varias provincias, se ha detectado aguas destinadas al abastecimiento de la población con contenidos naturales de arsénico que exceden notablemente las normas de agua potable. Los altos contenidos naturales de flúor y de arsénico, así como de nitratos originados en residuos urbanos, registrados en las aguas subterráneas explotadas para el abastecimiento a la población, constituyen auténticos riesgos para la salud pública.

En cuanto al riego en las zonas áridas y semiáridas, el mal manejo del sistema agua de riego/manto freático/suelo y drenaje ha causado serios problemas. La salinización de las aguas y de los suelos representa una grave amenaza para la sustentabilidad del sector. Más de medio millón de hectáreas de tierra de riego ya están afectadas por problemas de salinidad de agua y de suelo y/o de drenaje. Este problema está concentrado en siete provincias¹¹, y representa el 60 % de su área de riego.

¹¹ Son las provincias de Chubut, Mendoza, Río Negro, Salta, San Juan, Santiago del Estero y Tucumán que tienen en total 923.000 hectáreas de regadío, lo que representa los dos tercios del total nacional.



La contaminación de las aguas subterráneas, producto del mal manejo de los acuíferos (sobre-explotación generalizada o sobre-extracción localizada, falta de medidas de protección y de conservación), y de las fallas en los sistemas de saneamiento que contaminan directamente las fuentes de abastecimiento, es uno de los problemas de contaminación más importantes en la Argentina.

Existen muchos organismos que controlan la calidad del agua en sus diferentes presentaciones del recurso. Por ejemplo, la Comisión Mixta argentino – paraguaya del Río Paraná, COMIP¹², lleva estadísticas de la calidad del río Paraná en el tramo compartido entre ambos países desde 1982¹³. Actualmente, se colectan muestras en ambos márgenes del tramo compartido. En sitios que obedecen a incidencias puntuales o difusas que pudieran afectar la calidad del agua, se miden: la temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, nutrientes, entre otros. También compuestos orgánicos y metales.

2.2. Aspectos institucionales

*Invariablemente, los sucesivos diagnósticos del marco institucional en Argentina concluyen que la gestión de los recursos hídricos tanto al nivel nacional, como al nivel provincial, se caracteriza principalmente por una **elevada fragmentación sectorial e institucional**.*

En el nivel nacional la actual Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica¹⁴, en el ámbito del Ministerio de Obras Públicas, es el organismo encargado de fijar y ejecutar la política hídrica nacional. El Ministerio de Ambiente¹⁵, fija la política sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Otras áreas del gobierno nacional tienen injerencia en cuestiones sectoriales de uso y control de los recursos hídricos. La administración de los recursos hídricos en las provincias, que ostentan el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio, adquiere características diversas según los principales intereses y conflictos que devienen de la oferta y demanda del agua. Más allá de la estructura institucional adoptada, los organismos competentes tienen dificultades técnicas y operativas que limitan la capacidad de los mismos de instrumentar políticas, desarrollar una gestión eficiente y ejercer el poder de policía.

*A pesar de que la mayoría de los grandes sistemas fluviales en Argentina son interprovinciales, solo se encuentran operativas en la actualidad cuatro entidades de cuenca, con distintas funciones y alcance. Ellas son la Comisión Regional del río Bermejo¹⁶, constituida en 1981, el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado¹⁷, formalizado en 1977, la Autoridad Interjurisdiccional de Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro¹⁸, creada en 1985, y la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)¹⁹, creada en 2006. Los logros alcanzados en cada una de ellas en relación con la gestión integrada de los recursos hídricos son diferentes y muestra una **estrecha dependencia de las voluntades políticas de las partes y de las disponibilidades financieras**.*

¹² La COMIP es una organización internacional, con competencia en un tramo fluvial y con capacidad para realizar estudios y evaluaciones sobre la posibilidad de aprovechamiento de los recursos del río Paraná como son: la electricidad, navegación, pesca, uso industrial y agrícola de las aguas, uso recreativo y todo lo referido a la protección del río.

¹³ Conjuntamente con la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN) de la UNaM.

¹⁴ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/infraestructura>

¹⁵ <https://www.argentina.gob.ar/ambiente>

¹⁶ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/comision-regional-del-rio-bermejo>

¹⁷ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/comite-interjurisdiccional-del-rio-colorado>

¹⁸ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/autoridad-interjurisdiccional-cuencas-limay>,

<http://www.aic.gov.ar/sitio/home>

¹⁹ <http://www.acumar.gob.ar/>



En Argentina existe una ley de presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y su uso racional (Ley Nº 25.688). *Las constituciones provinciales en general han avanzado más en materia de preceptos ambientales y relacionados con los recursos hídricos, aunque sólo en forma genérica. Las leyes o códigos de agua provinciales en general son instrumentos poco flexibles que no permiten tomar en cuenta el valor económico, social y ambiental del agua. La legislación de aguas subterráneas es muy escasa, estando su explotación, en algunos casos sujeta al régimen de concesión²⁰. En general, por razones apuntadas anteriormente **el nivel de eficacia en la aplicación y control de la legislación es muy bajo, lo que resulta en su incumplimiento generalizado.***

No existe normativa en el ámbito nacional ni en forma generalizada en el ámbito provincial que establezca los objetivos de calidad del agua en los cursos de aguas superficiales y subterráneos. Puede afirmarse en forma general que el marco regulatorio necesario para el control adecuado de la contaminación no está vigente en todas las jurisdicciones ni responde a una concepción metodológica que contemple adecuadamente las características del cuerpo receptor, los usos actuales y potenciales y la sostenibilidad del aprovechamiento del recurso. Tampoco están claramente establecidos los mecanismos de evaluación de infracciones y aplicación de las sanciones correspondientes lo cual es necesario para asegurar su implementación efectiva.

2.2.1. Actores en la formulación de políticas y planificación

A partir de la transferencia a las provincias de los servicios que hasta 1980 prestaba la entonces Empresa Obras Sanitarias de la Nación - OSN²¹, que significó la primera importante transformación de sector con la descentralización efectiva de los servicios de agua potable y saneamiento en Argentina, el sector se caracterizó por una **débil administración y bajo perfil político.**

En la actualidad y luego de numerosos cambios, las funciones de formulación de políticas, planificación, normativas y de financiamiento del sector en el ámbito nacional son ejercidas por las instituciones que se indican a continuación:

- a) Ministerio de Obras Públicas y la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, que reúnen todas las funciones del Gobierno Nacional vinculadas a la formulación de la política del sector agua potable y saneamiento, incluyendo el financiamiento de la infraestructura relacionada con los servicios del sector.
- b) Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA) es un ente descentralizado dependiente del Ministerio de Obras Públicas que tiene facultades y atribuciones para gestionar la obtención de financiamiento interno y externo; actuar como organismo ejecutor de programas y proyectos; administrar los fondos recibidos; conceder créditos por asistencia técnica y financiar los proyectos que apruebe, entre otras.
- c) Consejo Hídrico Federal (COHIFE)²² está conformado por los Estados Provinciales, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Estado Nacional. Es una persona jurídica de derecho público creada como instancia federal para el tratamiento de los aspectos de carácter global, estratégico, interjurisdiccional e internacional de los Recursos Hídricos.

²⁰ Mendoza ha dictado la ley 4035 de aguas subterráneas. Las provincias de Jujuy, Salta, San Juan, La Pampa, Río Negro y Neuquén, incorporan su tratamiento en las leyes de aguas.

²¹ Ley 18.586, decreto 258/80 se dispone la transferencia a los gobiernos provinciales de los servicios públicos que eran prestados por Organismos o Empresas nacionales.

²² <http://www.cohife.org/>



- d) El Instituto Nacional del Agua (INA) es un organismo científico tecnológico descentralizado que tiene por objetivo satisfacer los requerimientos de estudio, investigación, desarrollo y prestación de servicios especializados en el campo del aprovechamiento y preservación del agua. Depende de la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, del Ministerio de Obras Públicas de la República Argentina²³.

Entre otras funciones, su propósito es el de promover el desarrollo armónico e integral del país en materia de recursos hídricos en el marco de los principios rectores de política hídrica de la República Argentina, participando en la formulación y el seguimiento estratégico de la política hídrica nacional a los fines de una gestión integrada de los recursos hídricos respetando el dominio originario que sobre dichos recursos ostentan las provincias argentinas.

- e) *Ministerio de Salud, el cual, a través del Código Alimentario Nacional, establece las normas de calidad del agua de consumo humano. Las mismas sólo son aplicables en las provincias que las hayan incorporado a su legislación. En el ámbito provincial, los Estados Provinciales son responsables del dictado de las políticas y las normas del sector en cada jurisdicción.*

Algunos Municipios tienen la responsabilidad de la regulación y operación de los servicios de provisión de agua potable y saneamiento, por delegación expresa de dichas funciones por parte de los Gobiernos Provinciales. A su vez, algunos han concesionado los servicios a Cooperativas o empresas privadas.

2.3. Agua potable y saneamiento

Como en otros países de América Latina, en las primeras décadas del siglo XX, el Estado Nacional acometió obras para extender el servicio influido por cuestiones de salud pública. Cuando los problemas fiscales del Estado determinaron la necesidad de recortes presupuestarios, los servicios se transfirieron a las provincias (a principios de los ochenta). Ello motivó que salvo en el área metropolitana, la Nación redujera su injerencia en la prestación de los servicios. El cuadro institucional que se configuró luego fue diferente según la jurisdicción que se hizo cargo. En algunos casos la provincia quedó al frente, en otros se municipalizaron servicios y en un tercer conjunto tienen importancia las cooperativas. El sector se atomizó y se hizo muy heterogéneo según donde estuviera ubicado.

En los años noventa se tomó la decisión de abrir el sector al capital privado, bajo el paradigma que la tarifa permitiría recuperar costos operativos y financiar las inversiones necesarias para compensar los déficits de cobertura, supuesto que no se pudo concretar con el paso del tiempo y el empeoramiento de la situación económica a fines de los años 1990 y principios del 2000. Fue así que luego de la crisis económica derivada de la devaluación de fines del 2001, fracasaron la mayoría de las concesiones volviendo la prestación a ser estatal, con contadas excepciones.

En síntesis, un cúmulo de problemas macroeconómicos afectaron una evolución armónica del sector, cuya expansión y calidad mediante inversiones en obras quedó acotada (en comparación con países vecinos con niveles de vida similares), los servicios desfinanciados (por los problemas macroeconómicos y la forma en que se los trató) y las instituciones del sector descoordinadas y sin un esquema de rectoría al nivel nacional que fijara las políticas, la programación y las prioridades del sector.

²³ <https://www.ina.gov.ar/>



*A lo anterior se suman cuestiones culturales que se fueron configurando a partir de los incentivos que se le dieron a la población durante décadas: **consumo no medido, agua abundante y barata en las zonas del país donde se concentra la mayoría de la población urbana, y uso no eficiente del recurso.***

La formulación de las políticas y planificación, en el ámbito nacional están a cargo del actual Ministerio de Obras Públicas que centraliza la definición estratégica de los lineamientos y prioridades para el diseño de políticas y programas vinculados a los recursos hídricos. El Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA)²⁴, organismo descentralizado dependiente de aquel, es el responsable de la gestión de financiamiento interno y externo; conceder créditos por asistencia técnica y financiar proyectos, en particular de reformas estructurales del sector en las provincias y municipios. Las normas de calidad del agua son establecidas por el Ministerio de Salud. Los Estados provinciales son responsables del dictado de las políticas y las normas del sector en cada jurisdicción.

En el proceso de transformación institucional el Estado se ha reservado las funciones de formulación de las políticas sectoriales, la regulación y el control de las concesiones, delegando en muchos casos en el sector privado la operación y expansión de los servicios.

Los entes reguladores son organismos autárquicos con funciones exclusivas de regulación y control, financiados a través del canon de concesión pagado por los concesionarios o por las tasas de regulación pagadas por los usuarios como un porcentaje de la facturación.

La modalidad de gestión de los servicios es descentralizada en jurisdicciones regionales, provinciales y municipales, con distintos tipos de estructura organizacional para la prestación de los servicios, destacándose la participación de empresas privadas concesionarias de servicios, cooperativas y organismos públicos.

La modalidad de participación privada adoptada por las provincias consiste en transferir integralmente los riesgos de la actividad al sector privado. La permanencia de los activos en poder del Estado aumenta la confiabilidad de la comunidad en el proceso.

Los regímenes tarifarios aplicados por los operadores de servicios de agua potable y saneamiento se basan mayoritariamente en el esquema de "canilla libre". Son de carácter tributario y se caracterizan por el subsidio cruzado entre los usuarios con mayor poder adquisitivo hacia los sectores de menores recursos.

En la década del 90 se comenzó a tomar conciencia acerca de los beneficios de medir los consumos y algunas empresas incorporan el sistema de medición a sus regímenes tarifarios, coexistiendo en la actualidad los dos sistemas. Los de medición de consumos se basan en dos parámetros: un cargo fijo que depende de diversos factores y que puede incluir un consumo mínimo y un cargo variable m³ que está en función de los consumidos en exceso. Este cargo variable por m³ tener diferentes precios en función de bloques de consumos establecidos en los regímenes tarifarios. Los procesos de concesión de los servicios al capital privado han adoptado, en general, los dos sistemas, habiéndose fijado en sus marcos regulatorios metas para la conversión de los sistemas de cuota fija a los de medición de consumos.

*La cobrabilidad es uno de los problemas más serios que tienen que enfrentar los operadores de servicios. **La cobrabilidad promedio anual se estima, que era a comienzos del siglo XXI del 75 %, con extremos que varían entre el 90 % y el 40 %.***

²⁴ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/infraestructura-y-politica-hidrica/enohsa>.



Invariablemente, los sucesivos diagnósticos del marco institucional en Argentina concluyen que la gestión de los recursos hídricos tanto al nivel nacional como al nivel provincial, se caracteriza principalmente por una fragmentación sectorial e institucional. La falta de coordinación interinstitucional, e incluso de comunicación e intercambio de informaciones entre las distintas dependencias, genera la superposición de funciones y en ocasiones dilución de responsabilidad. No existe una base de datos y un sistema de información completo sobre los recursos hídricos, tanto al nivel nacional como en las provincias, que den sustento a la gestión y faciliten la comunicación.

El proceso de privatizaciones de los organismos del sector, iniciado en 1993, ha incrementado el tamaño y la complejidad de la trama institucional, incorporando a ese marco un conjunto de nuevos actores tales como los de saneamiento, operadores privados (sector agua potable y sector hidro-energético²⁵, sector riego²⁶, sector navegación fluvial) y entes reguladores. Este proceso de privatización ha sido particularmente intenso en el campo de los servicios de agua potable y saneamiento, el que desde sus orígenes se organizó en forma diferenciada del resto de las actividades del quehacer hídrico, tales como el riego, la construcción y operación de obras de regulación, la protección contra inundaciones, las mediciones hidrológicas. Separadas del sector sanitario, estas actividades aparecen unificados en direcciones o administraciones provinciales de aguas, secretarías o subsecretarías de recursos hídricos, etc.

Otras áreas del gobierno nacional tienen injerencia en cuestiones sectoriales de uso y control de los recursos hídricos: Energía, Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Economía, Infraestructura y Vivienda, la Administración de los Parques Nacionales, Turismo, Interior, Salud, Desarrollo Social y Ambiente.

La reforma constitucional de 1994, ratificó que les corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio. Ello ha traído a un primer plano la revisión y revaloración consensuada de las funciones y roles del Estado Nacional y de los Estados Provinciales.

La administración de los recursos hídricos en las provincias adquiere características diversas según los principales intereses y conflictos que devienen de la oferta y demanda del agua. La gestión del riego en la región árida y de los efectos dañinos de los ciclos climáticos, particularmente las inundaciones, en la región húmeda, son ejes significativos. El abastecimiento de agua y saneamiento, necesidad común a todas las regiones, ha orientado a organizaciones diferenciadas e independientes, aspecto que se ha intensificado con la transferencia de servicios al sector privado y la creación de los Entes reguladores.

Más allá de la estructura institucional adoptada, los organismos competentes tienen serias dificultades para cumplir sus cometidos y ejercer sus responsabilidades. Restricciones en materia de recursos humanos y operativos, capacitación, acceso a tecnologías y equipamiento, en un marco jurídico caracterizado por vacíos regulatorios y deficiente asignación de competencias, limitan la capacidad de los mismos de instrumentar políticas, desarrollar una gestión eficiente y ejercer el poder de policía.

²⁵ La operación de un número significativo de aprovechamientos hidroeléctricos nacionales ha sido otorgada en concesión al sector privado en el marco de la reestructuración del sector eléctrico.

²⁶ Si bien la transferencia de la gestión y la infraestructura de riego a los usuarios no se ha logrado en la mayoría de las provincias, existen algunos casos de descentralización exitosa tales como: el Consorcio de Riego del Valle Los Pericos, en Jujuy; las Inspecciones de Cauce y el Comité de Cuenca del río Mendoza, en la Provincia de Mendoza.



*En particular, un aspecto singular de esta problemática es que, **en general, se otorga poco o ningún rigor al registro público de los derechos de uso, aprovechamiento y descarga de las aguas. Derechos que, al ser privados de la fe pública registral y de la seguridad física del recurso por la ausencia o desactualización de registros confiables entre oferta y demanda, no ofrecen seguridad jurídica a los usuarios y obstaculizan el desarrollo de una política de aguas que consulte los presupuestos mínimos de protección ambiental.***

En el ámbito municipal, la organización y capacidades en materia de gestión de los recursos hídricos es muy variable en función de la categoría del municipio, la legislación provincial y la capacidad económica. Son muy limitadas en la mayoría de los casos, salvo en las grandes aglomeraciones urbanas. La descentralización y transferencia al sector privado de los servicios de agua potable y saneamiento están obligando a una adecuación de estos roles y a la necesidad de un importante fortalecimiento institucional.

En el ámbito federal, el Consejo Federal del Medio Ambiente, COFEMA, es el ámbito de concertación y elaboración de la política ambiental coordinada entre la nación y las provincias.

La promoción de organismos interjurisdiccionales de cuencas fue una de las estrategias principales asumidas por las autoridades cuando creó la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación en 1969. De los diez Comités de Cuencas Hídricas formados entonces, la mayoría no subsistieron por causas principalmente de índole administrativa y financiera. *Solo se encuentran operativas en la actualidad cuatro entidades de cuenca, con distintas funciones y alcance. Ellas son la Comisión Regional del río Bermejo²⁷, constituida en 1981, el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado²⁸, formalizado en 1977, la Autoridad Interjurisdiccional de Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro²⁹, creada en 1985, y la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)³⁰, creada en 2006. Los logros alcanzados en cada una de ellas en relación con la gestión integrada de los recursos hídricos son diferentes y muestra una estrecha dependencia de las voluntades políticas de las partes y de las disponibilidades financieras.*

2.3.1. Organización del sector agua y saneamiento a nivel provincial

La organización de la prestación al nivel nacional replica a la organización federal de la Argentina en gobiernos provinciales con facultades sobre el territorio de sus respectivas jurisdicciones y dentro de ese ámbito de gobiernos o autoridades municipales. Una excepción es el área de prestación de la empresa AySA³¹ que abastece la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y partidos de la Provincia de Buenos Aires que forman parte del conurbano bonaerense.

Esto significa que la titularidad o autoridad de aplicación de las normas y reglamentaciones de los servicios de agua potable y saneamiento en la Argentina corresponde a los gobiernos de las provincias dentro de sus respectivos territorios, con la excepción ya mencionada del área asignada a la concesión de AySA. En la mayor parte de las provincias además de los operadores principales de jurisdicción provincial existen prestadores de jurisdicción municipal organizados como empresas del estado o comerciales, entes autónomos, dependencia de la administración o cooperativas de usuarios.

²⁷ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/comision-regional-del-rio-bermejo>

²⁸ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/comite-interjurisdiccional-del-rio-colorado>

²⁹ <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/autoridad-interjurisdiccional-cuencas-limay>, <http://www.aic.gov.ar/sitio/home>

³⁰ <http://www.acumar.gob.ar/>

³¹ www.aysa.com.ar



La organización institucional más frecuente a nivel provincial, consiste en un organismo responsable de la planificación sectorial y la captación de recursos (ministerio, secretaría o subsecretaría) y un ente regulador (cuando no existe ente sus funciones son ejercidas por direcciones o administraciones provinciales de agua). La prestación se encuentra generalmente a cargo de empresas provinciales que cubren las ciudades principales, quedando bajo la responsabilidad de entidades municipales o cooperativas las comunidades menores y rurales, excepto en Entre Ríos, La Pampa y Chubut donde los servicios en las principales ciudades son prestados por entidades municipales y cooperativas.

Tabla 3. Cantidad de prestadores de servicios de agua potable y saneamiento.

Naturaleza Jurídica prestador	Jurisdicción/Área de prestación		
	Prov/Regional	Municipal	Total
Soc. Anónima Estatal, Soc. de Estado, Ente Autárquico	15	13	28
Soc. Anónima Privada	4	8	12
Entre Centralizado	4	377	381
Cooperativa, Comunal	/	1407	1407
Total	23	1805	1828

Fuente: elaboración propia sobre base de CETI-BID, 2008

Fuente: Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2017.

En la mayoría de las jurisdicciones provinciales coexisten servicios de titularidad provincial y municipal, generalmente los ex servicios de OSN de mayor escala son los de titularidad provincial (Santa Fe, Tucumán, Mendoza, etc.) y son pocos los casos donde la titularidad es exclusivamente municipal (ej. Entre Ríos, Chubut, La Pampa, San Luis).

Cada provincia, debido al sistema de gobierno federal aprueba su marco regulatorio de los servicios de agua y saneamiento, y este marco rige en todas sus disposiciones en servicios de titularidad provincial pero son necesarios convenios de adhesión con los municipios titulares debido a que contiene mandatos que pueden menoscabar al titular local y la atribución de la Legislatura de aprobar las políticas y la planificación de inversiones, el régimen y valor tarifario, la modalidad de gestión de los servicios.

2.3.2. Organización de la industria de agua y saneamiento

Se estima que en Argentina existen 1828 prestadores de localidades urbanas. De ese total 23 corresponden a prestadores de jurisdicción provincial y regional, esta última está referida exclusivamente a AySA que abarca un área con dos jurisdicciones provinciales (la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires) De ese total, 19 corresponden a empresas o entidades estatales y solo 4 a concesionarias de capital privado (Corrientes, Córdoba, Misiones y Santiago del Estero). Los operadores de mayor tamaño se encuentran en este grupo, estimándose que las 15 empresas o entes estatales atienden alrededor del 60% de los habitantes servidos por redes de agua potable del país y cerca del 10% son abastecidas por las empresas privadas provinciales. Los operadores de jurisdicción municipal representan más del 98% de la cantidad de operadores, pero dado que comprenden las localidades de menor tamaño, se estima



que comprende aproximadamente el 30% de la población servida de agua potable del país. Dentro de esta clasificación la importante cantidad de cooperativas y entidades comunales. Tanto AySA como la mayor parte de los prestadores principales de las provincias son empresas organizadas como sociedades anónimas cuyo capital mayoritario se encuentra en poder del Estado³², nacional o provincial de acuerdo a la respectiva jurisdicción.

2.3.3. Cobertura de los servicios

El sector de agua y saneamiento de Argentina tiene un déficit significativo en la cobertura de agua y cloacas, y requiere mejoras en la calidad y eficiencia de los servicios. Se estima que 39,8 millones personas residen en áreas urbanas (2015), de las cuáles el 87% tienen acceso a agua por red pública y el 58% a cloacas. No hay estadísticas confiables respecto del nivel de **tratamiento de aguas residuales, sin embargo, algunas fuentes calculan que se encuentra entre el 15 y el 20% de las aguas recolectadas**³³.

Si bien la cobertura de cloacas ha sido históricamente inferior a la cobertura de agua, se debe destacar que en la última década el aumento de la cobertura de cloacas (6%) ha sido superior a la expansión de la cobertura de agua (4%) contribuyendo a disminuir la brecha.

El crecimiento poblacional del país procede de sus localidades urbanas cuya población aumentó un 12% en el período 2001 al 2010. Las ciudades de 100.000 y más habitantes aportaron el 57% y sólo el GBA el 32% y con ello se acentúa la concentración de habitantes en este aglomerado y revierte su participación declinante de las décadas anteriores. El 42% del crecimiento del GBA se genera por nuevos habitantes en La Matanza.

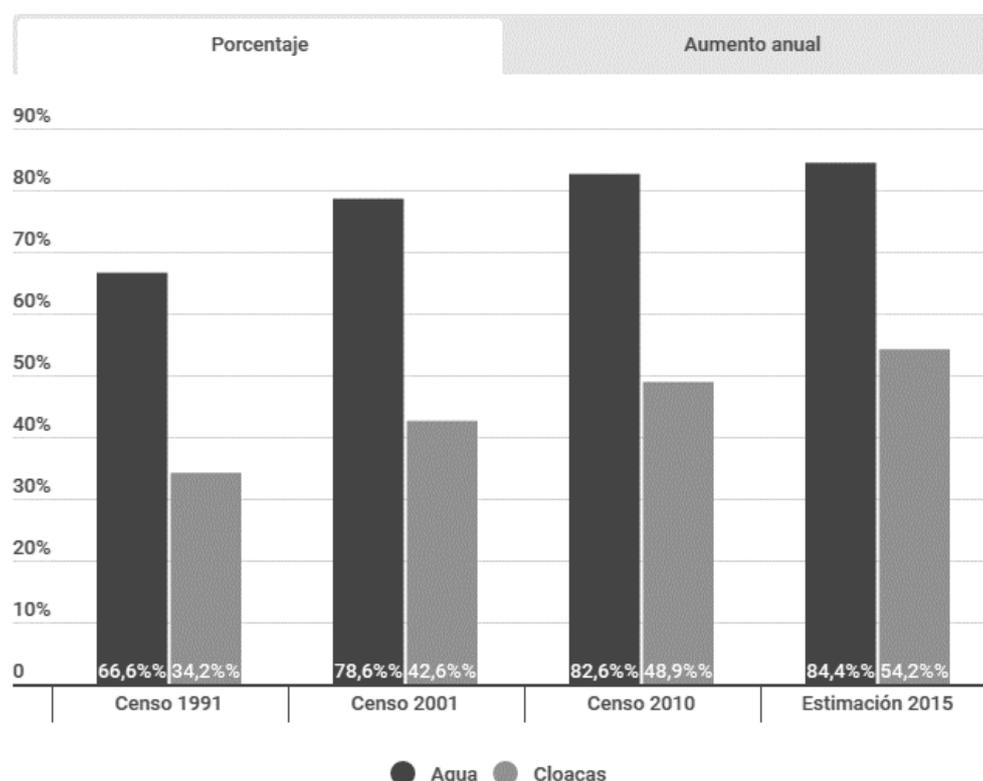
El alto crecimiento general en las ciudades de 100.000 y más habitantes no solo agudizó el déficit de agua por red y cloacas en las áreas con baja cobertura de servicios, en particular en el conurbano bonaerense, sino que en las áreas servidas también provocó alta presión en la capacidad de abastecimiento en perjuicio de la continuidad del servicio.

³² En general el capital accionario estatal es del 90% y el 10% restante pertenece al personal a través del mecanismo del Programa de Propiedad Participada.

³³ Plan Nacional de Agua y Saneamiento, Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2017.



Gráfico 1. Cobertura de agua y cloacas en todo el país. Período 1991-2015.



Fuente: INDEC y Secretaría de Infraestructura y Políticas Públicas de la Nación.

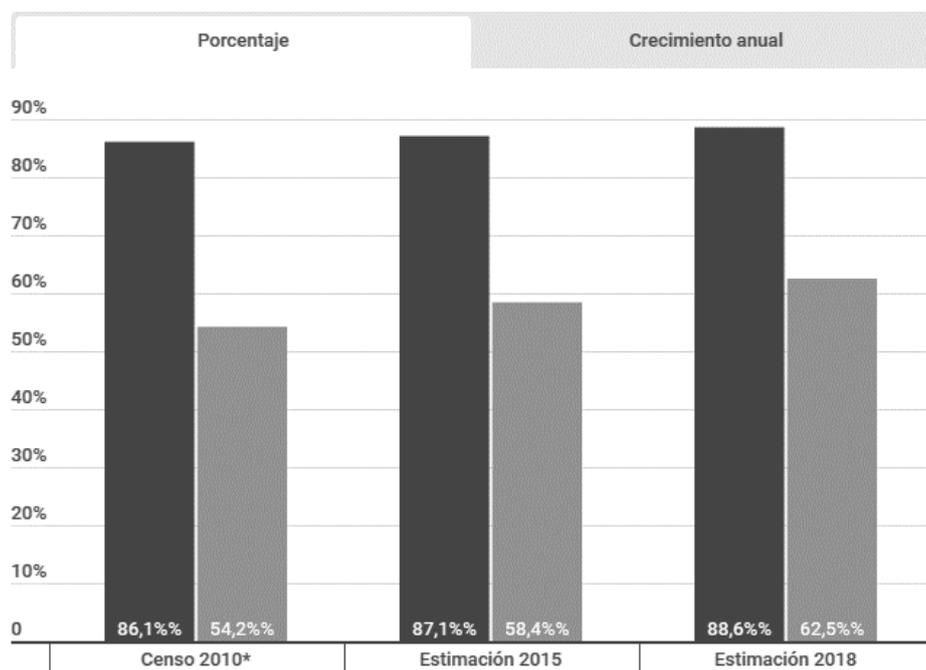
Fuente: Informe sobre evolución de cobertura de redes de agua potable y saneamiento, Chequeado.com.³⁴

Las pequeñas localidades de 2.000 a 20.000 habitantes concentran el 15% de los habitantes del país y crecieron en la última década. Este proceso se observa en Santa Fe, Córdoba, Chaco y en Buenos Aires, por ejemplo, y su crecimiento, en gran medida es un impacto de la expansión de la actividad agrícola –principalmente sojera– en los pueblos que actúan como soporte de esa actividad. A esas 957 pequeñas localidades urbanas se agregan cerca de 2.500 centros rurales (inferiores a los 2.000 habitantes) que tienen una cobertura de agua promedio del 85% y en general, carecen de cloacas. Algunas de estas localidades se abastecen con fuentes de mala calidad y en otras reclaman cloacas debido al alto costo que genera el vaciamiento frecuente de sus pozos por la conjunción de inundaciones y suelos impermeables. Los servicios están a cargo de operadores comunitarios y cooperativas y ello identifica un déficit institucional debido a que las provincias carecen de organismos o estos tienen capacidad insuficiente para asistir a pequeños operadores, en consecuencia, deben recurrir al prestador provincial que no puede incorporar estas tareas a sus costos.

³⁴ <https://chequeado.com/el-explicador/que-paso-con-la-cobertura-de-agua-y-cloacas-durante-el-kirchnerismo-y-el-macrismo/>



Gráfico 2. Cobertura de agua y cloacas en población urbana. Período 2010-2018.



* Los datos de población urbana para el Censo 2010 difieren en distintos documentos oficiales y no están disponibles en la página del INDEC.

Fuente: INDEC y Secretaría de Infraestructura y Políticas Públicas de la Nación.

Fuente: Informe sobre evolución de cobertura de redes de agua potable y saneamiento, Chequeado.com.

Debe señalarse que la provisión de servicios a estos centros menores no tendría un impacto significativo en la cobertura nacional, pero tiene alto impacto en la cobertura territorial porque corresponden a pequeños municipios del interior provincial.

El logro de la meta de universalización del acceso a los servicios de agua y cloacas no sólo depende de la capacidad institucional y de financiamiento sino también, de la aptitud de la traza urbana y de las viviendas. El acceso efectivo para lograr los objetivos sanitarios, por otro lado, también se vincula con la disposición y capacidad de los usuarios para afrontar el costo de adecuar las instalaciones internas que posibilitan conectar la vivienda al servicio, en particular, considerando que el déficit se localiza en gran medida en las áreas de menores ingresos.

Cuando se apunta a lograr una cobertura universal del servicio de cloacas debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en ciertas ciudades o regiones con densidades poblacionales bajas³⁵ es posible realizar tratamiento de efluentes in-situ en forma adecuada y muchas veces es una opción técnicamente válida frente al modelo tradicional de tratamiento centralizado. Es decir, los objetivos deberían buscar la universalidad del tratamiento de los efluentes en forma adecuada, antes que una cobertura total por redes. Sin perjuicio de lo anterior, en los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la República Argentina (2018), se han establecido

³⁵ Puede verse el ejemplo de países como EE.UU. o Australia, los cuales contaban con un porcentaje de población servida por redes cloacales de 76% (2012) y 93% (2017), respectivamente, según datos publicados en https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=water_treat



metas de cobertura para el año 2023 del 100% de agua potable y del 75% de cloacas para la población urbana, con una extensión al 100% para el año 2030.³⁶ Similares guarismos indica el informe “CONSTRUIR 2030”, que propone para el 2029 alcanzar coberturas del 100% para agua potable y 72% para red de cloacas, como parte de la inversión necesaria para alcanzar en el período un crecimiento del PIB del 3,5% promedio anual acumulativo.³⁷

El aumento de la población urbana se asocia con la consolidación y mayor número de asentamientos precarios y viviendas que exigen un tratamiento integral para la provisión de servicios domiciliarios. En el Conurbano se ha estimado que un 13,4% de viviendas sería irrecuperable incluyendo a las emplazadas en villas de emergencia, en Rosario se ha calculado que un 15% de su población reside en villas en un proceso que se ha acentuado respecto a la medición anterior del 2001. En ese contexto, es probable que la complejidad incida el tiempo de ejecución de las obras y que también deban establecerse incentivos para acelerar la conexión al servicio para alcanzar la meta, dado que los usuarios deben incurrir en costos para adecuar sus instalaciones internas para efectivizar la conexión.³⁸

Como se comentó previamente, para identificar las diferentes situaciones, que inclusive pueden admitir otras soluciones técnicas seguras pero diferentes a la conexión domiciliaria, se presentan las estimaciones para el año 2015 de las coberturas de ambos servicios, desagregados:

- *Aglomerados, 31 centros mayores de 100.000 habitantes con alta densidad y alto riesgo sanitario y ambiental por la falta de estos servicios básicos, donde reside el 62% de los habitantes, de los cuales el 86% dispone de agua por red y sólo el 62% de cloacas.*
- *Resto Urbano: El Resto Urbano se obtiene por diferencia entre el total urbano y el total de aglomerados y en su ámbito reside el 30% de los habitantes del país en unas 1.067 localidades de 2.000 y más habitantes. La cobertura de agua es del 90%, mayor que la existente en aglomerados, y la de cloacas del 52%.*
- *Rural: Los habitantes rurales representan el 7,7% de los habitantes del país de los cuales el 42% reside en pequeños centros que se han mantenido prácticamente estables en décadas y en su mayoría cumplen la función de soporte de la actividad agrícola. El resto es población dispersa y tienen una tendencia declinante. Las intervenciones en la población rural dispersa admiten otras soluciones tecnológicas que garanticen agua y saneamiento seguro y en los pequeños centros deben evaluarse soluciones adaptadas a las situaciones que se presentan.*

³⁶ Objetivos de Desarrollo Sostenible, Informe País Argentina 2018, versión abreviada. Presidencia de la Nación.

³⁷ Construir 2030, Pensando el Futuro 2020-2029. Cámara Argentina de la Construcción, Área de Pensamiento Estratégico.

³⁸ Por ejemplo, en la cuenca Matanza-Riachuelo, donde en 2018 residían alrededor de 4,5 millones de personas, se registraba una cobertura con red cloacal del 50% y 78% con cobertura de servicio de agua potable, de acuerdo a la ACUMAR.



Tabla 4. Habitantes con y sin servicio en aglomerados, resto urbano y rural, año 2015.

Total Aglomerados	Agua	Cloacas
Cobertura Aglomerados (% de habitantes)	86%	62%
Resto Urbano		
Cobertura Resto Urbano (% de habitantes)	90%	52%
Subtotal urbano		
Cobertura (% de Habitantes)	87,1%	58,4%
Subtotal rural		
Cobertura Rural Concentrada (% de habitantes)	79%	8%
Cobertura Rural Dispersa (% de habitantes)	32%	2%
Cobertura nacional (% de habitantes)	84,4%	54,2%

Fuente: Elaboración propia sobre la base de INDEC Censo Nacional de Población y Viviendas, EPH (Aglomerados) y Encuesta Anual de Hogares Urbanos (EAHU) –Total Urbano- 2011 al 2015.

Fuente: Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2017.

Tabla 5. Población de Argentina y coberturas de servicios (2010). Cantidad de habitantes.

Provincia/ Región	Población		Cobertura de Agua			Cobertura de Cloaca		
	Total	%	>100000	Resto Urbano	Total Urbano	>100000	Resto Urbano	Total Urbano
Ciudad de Buenos Aires	2.890.151	7,2%	99,6%		99,6%	98,7%		98,7%
Buenos Aires	15.625.084	38,9%	71,6%	82,8%	74,0%	42,1%	54,0%	44,6%
GBA	9.916.715	24,7%	70,0%		70,0%	38,0%		38,0%
Buenos Aires Interior	5.708.369	14,2%	78,3%	82,8%	81,3%	60,2%	54,0%	56,6%
Norte Grande	8.257.379	20,6%	97,7%	88,6%	92,4%	68,0%	31,2%	46,7%
Resto del País	13.344.482	33,3%	97,7%	90,9%	93,9%	67,4%	46,3%	55,5%
País	40.117.096	100,0%	84,3%	88,4%	85,9%	58,1%	43,7%	52,7%

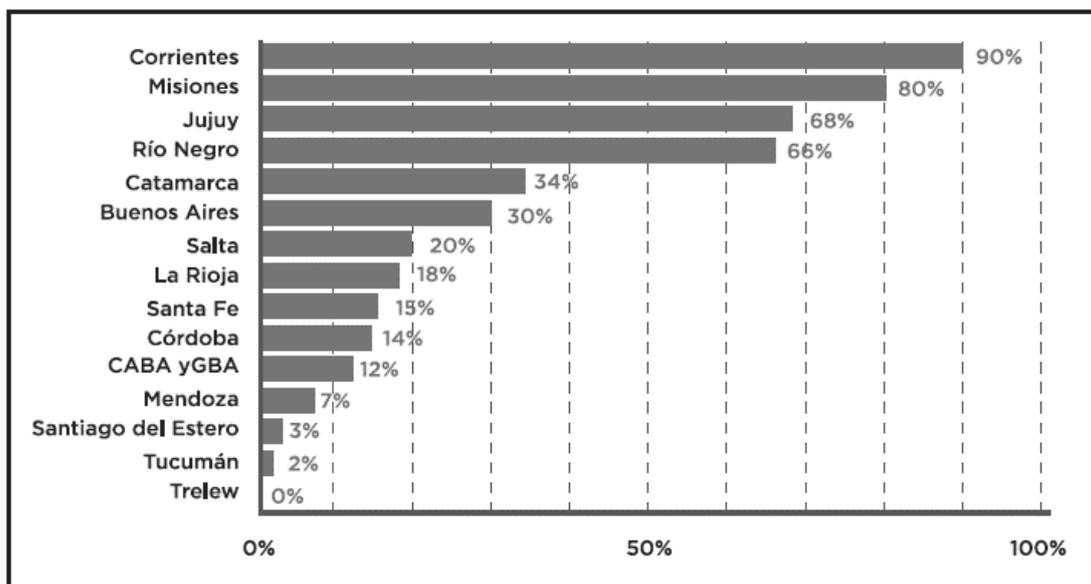
Fuente: Zorrilla-COFES, 2014

Fuente: Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2017.

Otro indicador para evaluar el desempeño del sistema de agua potable y saneamiento es el **consumo de agua por habitante**, si los valores son elevados puede significar altos niveles de derroche de los usuarios mientras que los valores demasiado bajos podrían indicar problemas en la continuidad del servicio. Las cifras de estudios disponibles indican que en promedio el agua consumida por habitante por día es de 318 litros y el rango de datos va de 253 l/h/d (Cooperativa de Trelew) hasta 397 l/h/d (AdCSapem – Catamarca). Estos valores se encuentran muy por encima de los valores registrados en Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA) para América Latina donde la media es de 173 l/h/d y el rango de dispersión de los datos va de 49 a 366 l/h/d.



Gráfico 3. Porcentajes de micro-medición por provincias, 2009/2010.



Fuente: AFERAS, 2010 y 2011

Fuente: Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2017.

El agua no contabilizada se refiere a la cantidad de agua producida que finalmente no llega a los usuarios para su consumo o no se factura (agua no facturada). Las pérdidas producidas en la red pueden ser físicas o comerciales. Las primeras refieren a roturas de la red mientras que las segundas se refieren a conexiones clandestinas. La media del agua no contabilizada se encuentra en el 39% y el rango de variación de datos va de 17% (Aguas Cordobesas) a 59% (Adlandes – Jujuy). Los valores registrados se encuentran en consonancia con los valores de ADERASA donde la media es 42% y los extremos mínimo y máximo son 17% y 66%, respectivamente.

Si se observa también la eficiencia del recurso que informa el Informe Anual del Año 2018 del Ente Regulador de Agua y Saneamiento³⁹, que controla la prestación del servicio en el Área Metropolitana de Buenos Aires concesionada a la empresa Agua y Saneamientos Argentinos S.A., se observa que se producen un promedio de 1,61 m³/d de agua potable por cuenta y que la eficiencia en el uso del recurso (porcentaje de agua captada que es facturada a los usuarios) se encuentra en el orden del 53% y con tendencia levemente decreciente en los últimos 10 años.

³⁹ <http://www.eras.gov.ar/informacion-tecnica/bechmarking/>



Tabla 6. Población y cobertura de servicio de agua potable y red de cloaca en 2019 y proyección (objetivo) a 2029.

UBICACIÓN	POBLACIONES A INCORPORAR		POBLACIONES 2019				POBLACIONES 2029				
	AGUA	CLOACA	TOTAL	CON AGUA	% CON CLOACA	%	TOTAL	CON AGUA	% CON CLOACA	%	
	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	(Mil)	
CABA	29	38	3.072	3.056	99%	98%	3.085	3.085	100%	3.047	99%
Buenos Aires	6.390	5.737	17.370	12.584	72%	43%	18.974	18.974	100%	13.237	70%
Catamarca	63	132	411	381	93%	44%	444	444	100%	312	70%
Córdoba	692	1.399	3.722	3.393	91%	35%	4.085	4.085	100%	2.486	66%
Corrientes	245	314	1.111	951	86%	51%	1.197	1.197	100%	882	74%
Chaco	457	507	1.192	843	71%	24%	1.301	1.301	100%	793	61%
Chubut	118	114	608	589	97%	79%	707	707	100%	593	84%
Entre Ríos	257	278	1.373	1.235	90%	68%	1.492	1.492	100%	1.213	81%
Formosa	201	231	600	441	74%	30%	642	642	100%	411	64%
Jujuy	133	190	762	707	93%	60%	841	841	100%	650	77%
La Pampa	71	85	385	312	88%	60%	383	383	100%	297	78%
La Rioja	75	119	388	362	93%	51%	437	437	100%	318	73%
Mendoza	407	478	1.969	1.730	89%	61%	2.158	2.158	100%	1.679	78%
Misiones	524	582	1.247	851	68%	17%	1.375	1.375	100%	792	58%
Neuquén	121	132	655	613	94%	72%	734	734	100%	602	82%
Río Negro	148	192	738	679	92%	60%	828	828	100%	635	77%
Salta	317	361	1.406	1.256	89%	61%	1.574	1.574	100%	1.213	77%
San Juan	143	323	772	709	92%	27%	852	852	100%	529	62%
San Luis	87	130	502	474	95%	60%	562	562	100%	432	77%
Santa Cruz	99	74	356	348	98%	84%	447	447	100%	373	83%
Santa Fe	860	1.077	3.509	2.934	83%	46%	3.765	3.765	100%	2.487	71%
Santiago del Estero	352	438	968	710	73%	19%	1.062	1.062	100%	624	59%
Tucumán	400	569	1.674	1.444	87%	47%	1.864	1.864	100%	1.295	69%
Tierra del Fuego	52	30	169	159	94%	90%	212	212	100%	182	86%
Total País	12.252	13.538	44.938	36.781	82%	49%	49.033	49.033	100%	35.495	72%

Fuente: Construir 2030, Cámara Argentina de la Construcción.

2.3.4. Calidad y condiciones del servicio

La calidad del agua potable puede considerarse adecuada en términos generales para el uso doméstico y el aseguramiento de su calidad muestra una tendencia favorable a partir de desinfección del agua -cloración-, particularmente en las áreas urbanas. Se estima que más del 90 % de los abastecimientos cumplen con los estándares de calidad establecidos por el Instituto Nacional de la Alimentación a través del Código Alimentario. La continuidad de la prestación de los servicios es razonablemente buena en el ámbito nacional.

Las áreas urbano-marginales presentan dificultades vinculadas con la expansión de los servicios de agua potable, recolección y disposición de los efluentes, así como en el mejoramiento de los



suministros intermitentes y en la desinfección. En tanto, las áreas rurales requieren de la ampliación de la cobertura y la implementación de medidas y tecnologías de desinfección de las aguas, y campañas de educación sanitaria.

Dadas las características de los sistemas de abastecimiento de agua potable argentinos la cloración desempeña una función fundamental en la lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua y es el principal método utilizado para la potabilización.

Los niveles de agua no contabilizada constituye uno de los principales problemas de eficiencia en la mayoría de los servicios de agua potable, ya que un importante volumen –como se mencionó previamente-, estimado en el orden del 40 % del agua producida se pierde en las redes y en las conexiones clandestinas, restando posibilidades de acceso a agua potable a una mayor cantidad de población, obstaculizando la optimización de las inversiones de producción y conducción, y pérdidas en los ingresos por el volumen de agua producido pero no facturado. La aún escasa implementación de sistemas de micro-medición de caudales dificulta el conocimiento del valor real de las pérdidas.

Empresas operadoras que han implementado nuevas tecnologías para la detección y control de fugas en sus redes de distribución, así como han desarrollado programas de mejoramiento operativo de sus instalaciones, han logrado disminuir significativamente las pérdidas, alcanzando valores de alrededor del 35% del agua producida.

Aguas residuales

El vertido de las aguas residuales domésticas sin depurar a los ríos y lagos y la infiltración de excretas provenientes de fosas sépticas y redes de alcantarillado mal mantenidas, constituyen una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas del país, generando así un riesgo potencial para la salud de la población.

Si bien en las últimas décadas se han construido nuevas plantas de tratamiento de efluentes, una gran parte de los efluentes cloacales que ingresan a las redes colectoras de grandes aglomerados urbanos como Buenos Aires, Rosario, La Plata, Mar del Plata, etc. se vuelcan con un mínimo tratamiento (en general remoción de sólidos) a los cursos de agua.

Sin embargo, se observa una creciente preocupación por dar solución a este problema de contaminación, reflejado en el incremento de proyectos de inversión relacionados con la construcción de sistemas de depuración, entre ellos se pueden mencionar, la construcción del emisario submarino de aproximadamente 4000 metros de longitud para evacuar los efluentes cloacales de Ciudad de Mar del Plata que se inauguró en 2014, las nuevas plantas de tratamiento como la Planta del Bicentenario en Provincia de Buenos Aires (2014), ampliación de Planta Norte y Sudoeste también en Provincia de Buenos Aires (2014 y 2013, respectivamente), o los proyectos de ampliación de la Planta Hurlingham⁴⁰, la ampliación de la Planta de Tratamiento de San Carlos de Bariloche, o la construcción del Sistema Riachuelo⁴¹, entre otros.

⁴⁰ La capacidad estimada para la ampliación de la Planta Sudoeste es de 259.200 m³/día y tecnología de lodos activados, pretratamiento y decantación primaria; para la Planta de Hurlingham se estima una capacidad de 77.760 m³/día tratados con tratamiento primario y secundario mediante aireación y clarificación.

https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Plan-de-obras/Grandes-Obras/Ampliacion-depuradora-sudoeste/ampliacion_depuradora_sudoeste

https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Plan-de-obras/Grandes-Obras/Ampliacion-depuradora-hurlingham/ampliacion_depuradora_hurlingham

⁴¹ https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Plan-de-obras/Grandes-Obras/Sistema-Riachuelo/sistema_riachuelo



Vale mencionarse que el 66,7%⁴² de la población del área de concesión de AySA (11.066.066 habitantes) presenta servicio de conexión para evacuación de aguas residuales. Faltando un 33,3 %, para servir, aún queda por utilizarse un 75% de capacidad de bombeo de aguas residuales.

Entre las tecnologías utilizadas para el tratamiento de los líquidos cloacales en Plantas se registra un fuerte predominio de los sistemas de tratamiento primarios (decantación de sólidos y flotación de grasas y aceites) y sistemas de tratamiento secundarios aeróbicos y barros activados. En AySA, ya se ha alcanzado el 100% de la capacidad de tratamiento primario, solo el 15,7% de las AR, son tratadas secundariamente, el resto son volcadas con pretratamiento.

Con respecto al resto del servicio al estar ubicado en distintas jurisdicciones y bajo distintos prestadores de servicios y entes reguladores provinciales, no se ha encontrado algún informe o fuente de información única que reúna en forma homogénea la información sobre las distintas plantas de tratamiento de efluentes cloacales existentes a nivel nacional y sus características.

Los biosólidos (barros y residuos de rejillas), en casi la mayoría de las instalaciones existentes en el país, son dispuestos en enterramientos o rellenos sanitarios y sólo una mínima parte es destinada al reúso, como abono forestal o en lombricultura. Su manejo se realiza con escasos o nulos controles sanitarios y ambientales, generando situaciones de riesgo, que de no implementarse controles adecuados tenderán a agravarse a medida que se incrementa el volumen de efluentes depurados.

En el caso de AySA, el ERAS indica que el 44% de sus barros, tienen tratamiento ambientalmente adecuado.

Más adelante, se presenta en el punto 4, como medida de eficiencia energética, el potencial que ofrecen esos barros para su aprovechamiento energético.

3. Esquema productivo y Consumo energético del sector de agua y saneamiento

En este capítulo se abordarán los consumos energéticos que se generan en el sector denominado comúnmente como agua y saneamiento, que son función directa de su actividad. Para ello se describirá la relación que existe entre las distintas fases o subsectores, y el consumo de energía -principalmente eléctrico-, utilizando la información generada en distintos estudios que han comenzado a poner el foco en estos aspectos en los últimos años.

A continuación, se presentan extractos e información obtenida de los informes “Huella energética⁴³ en el ciclo integral del agua en la comunidad de Madrid”, “Estudio de Prospectiva: Consumo Energético en el sector del agua” y “California's Water-Energy Relationship, con excepción de la información correspondiente a la República Argentina, la cual ha sido elaborada para este documento en base a la información local disponible.⁴⁴

⁴² 81,1% es la media de las empresas de Servicios de aguas residuales de América, según ERAS.

⁴³ La huella energética del agua (HEA) o huella hídrica incluye no sólo el consumo directo, sino también se debe tener en cuenta el uso indirecto, denominado “agua virtual” y que es el volumen de agua empleado para la producción de determinados bienes y servicios.

⁴⁴ Huella Energética en el Ciclo Integral del Agua en la Comunidad de Madrid, Fundación Canal. Ferrer Polo J., Aguado García D., et al. 2016.

Estudio de Prospectiva, Consumo Energético en el sector del agua, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Gobierno de España.



3.1. Consumo energético en sector de agua y saneamiento a nivel nacional

En este capítulo se abordan los consumos energéticos que se generan en el sector denominado comúnmente como agua y saneamiento, que son función directa de su tipo y nivel de actividad. Para ello se describirá la relación que existe entre las distintas fases o subsectores, y el consumo de energía -principalmente eléctrico-, utilizando la información generada en distintos estudios que han comenzado a poner el foco en estos aspectos en los últimos años.

El consumo de energía del sector se produce según las etapas productivas, en los siguientes usos: bombeo para captación, transporte, potabilización de agua y distribución, y bombeo para transporte por colectores de aguas residuales, tratamiento y disposición en cuerpos de agua. De acuerdo a las características geográficas y urbanísticas (diferencias de alturas y distancias de bombeo) y las tecnologías utilizadas tanto para potabilización de agua como tratamiento de efluentes, pueden existir diferencias significativas en la cantidad de energía consumida específica (por m^3 de agua potabilizada, m^3 de efluente tratado, etc.) en el sector.

Como se mencionó previamente, debido a la atomización de prestadores de servicios públicos (provinciales y municipales) en el sector de agua y saneamiento, incluso mayor a los servicios de provisión de electricidad, se observa un faltante de información importante a nivel nacional respecto a los volúmenes de agua potabilizada y el tratamiento que se les da a las aguas residuales, así como las tecnologías utilizadas. En base a información secundaria, se propondrán algunos valores estimativos que se consideren representativos del consumo energético del sector.

Hasta el momento, uno de los valores nacionales que pueden asignarse al consumo de energía eléctrica para el sector de agua y saneamiento provienen de datos del Informe Anual del Año 2018 del Ente Regulador de Agua y Saneamiento⁴⁵, que indica para 2017 la cantidad de energía necesaria para bombear un m^3 de agua a 100 m de altura, y de valores inferidos a partir de datos de CAMMESA. En cuanto al valor informado por ERAS, el mismo es de **0,42 kWh/m³ a 100 mca para las estaciones elevadoras del sistema de agua potable y menciona que los valores esperados deberían estar entre 0,27 y 0,40 kWh/m³**⁴⁶. Este valor se entiende que hace referencia únicamente a los sistemas de bombeo del conjunto de la red de agua potable, sin tener en cuenta el consumo de las plantas potabilizadoras.

En el caso del bombeo de aguas residuales AySA declara valores de **1,16 kWh/m³ a 100 mca, mientras que el ERAS indica que los valores esperados deberían estar entre 0,5 y 0,7 kWh/m³.**

Si se analizan los datos provistos por AySA en su Reporte de Sustentabilidad de 2017 y 2018 pueden generarse unos primeros indicadores de desempeño plausibles de ser comparados con otros estudios bibliográficos. En dicho reporte se detallan los consumos eléctricos anuales de la compañía, separados por sector de trabajo (ver Figuras 1 y 2). Extrayendo los valores de la Figura siguiente en forma aproximada se puede estimar groseramente que el sector de captación,

California's Water-Energy Relationship, Final Staff Report, California Energy Commission. Klein G et. Al. 2005.

⁴⁵ Informe Anual del Año 2018 (con datos del año 2017) de la Gerencia de Benchmarking del Ente Regulador de Agua y Saneamiento.

⁴⁶ A título ilustrativo se menciona qué de las distintas fuentes primarias de agua empleadas en España, el agua de desalación es la que tiene la mayor intensidad energética: el consumo energético es de 3,48 kWh/m³, mientras que la captación de agua subterránea o superficial sólo implica el gasto de alrededor de 0,50 kWh/m³. Adicionalmente, el consumo energético de aquellas que utilizan aguas salobres interiores varía entre 0,72 y 2,58 kWh/m³, mientras las que emplean agua de mar la intensidad se eleva entre 1,25 y 4,85 kWh/m³. Fuente: Hardy, Laurent y Alberto Garrido (2012), "Challenges and Opportunities Related to the Spanish Water Energy Nexus", Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?



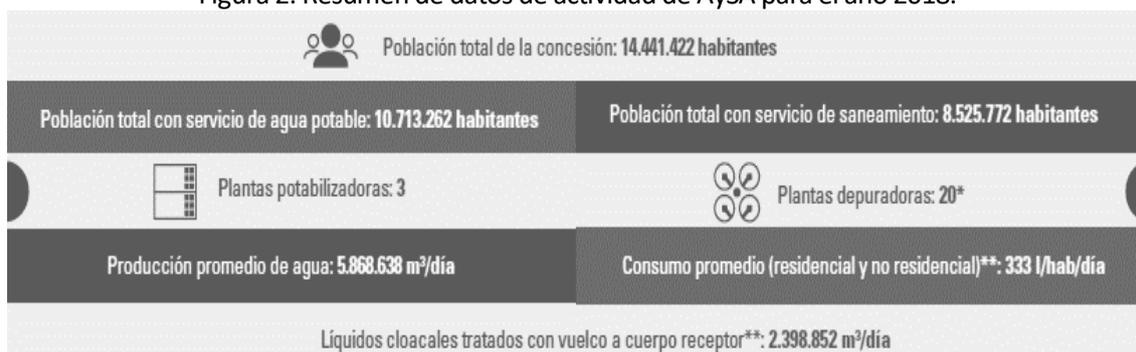
potabilización y transporte de agua consume aproximadamente 560 GWh/año (110 GWh en plantas potabilizadoras y 450 GWh/año en estaciones elevadoras)⁴⁷. Si se lo confronta con el valor de producción promedio de agua citado en el mismo reporte (5.362.652 m³/día), tendríamos entonces un valor de 0,28 kWh/m³ de agua potable producida, conformado por 0,23 kWh/m³ en el proceso de toma y transporte de agua y 0,06 kWh/m³ en el proceso de potabilización.

Figura 1. Resumen de datos de actividad de AySA para el año 2017.



Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2017, Agua y Saneamientos Argentinos S.A., Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Presidencia de la Nación.

Figura 2. Resumen de datos de actividad de AySA para el año 2018.



Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2017, Agua y Saneamientos Argentinos S.A., Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Presidencia de la Nación.

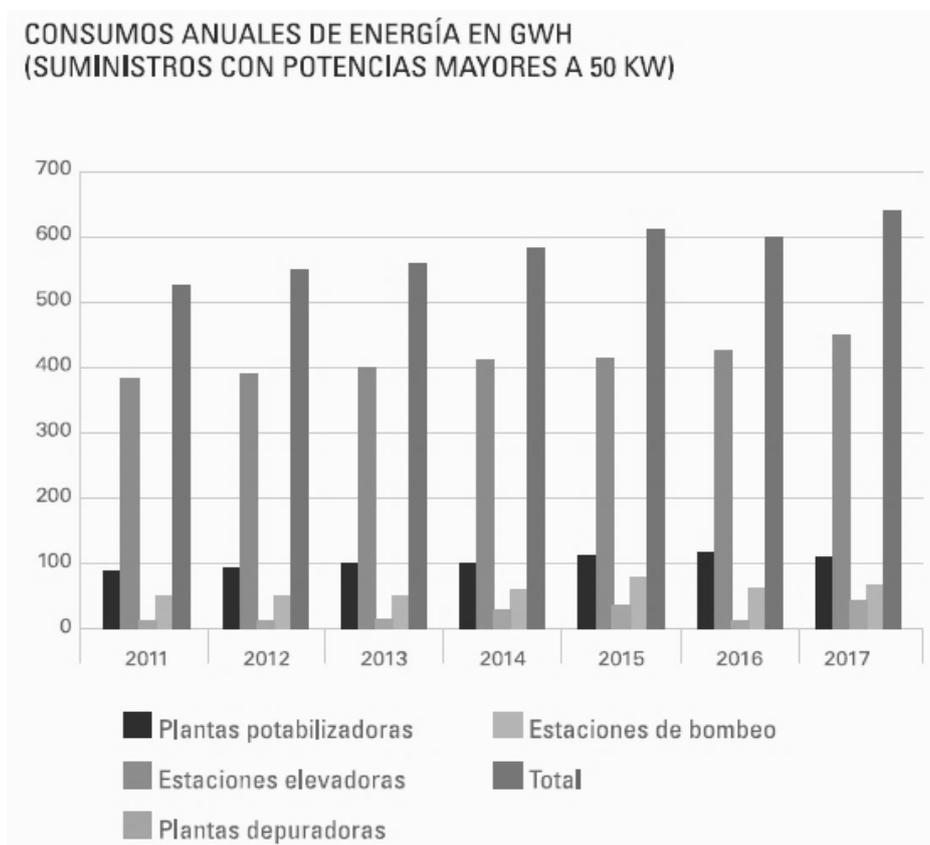
A su vez, en el proceso de transporte y tratamiento de aguas residuales, tendríamos valores aproximados de 75 GWh/año y 45 GWh/año, respectivamente según el reporte mencionado en

⁴⁷ Esta asignación de consumos se basa en la descripción de las actividades que realiza AySA en su página, donde en la sección de Agua Potable describen el sistema incluyendo 14 estaciones elevadoras a diferencia de la sección de Saneamiento, donde se mencionan 150 estaciones de bombeo. <https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Agua-potable>. <https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Saneamiento> <https://www.aysa.com.ar/Que-Hacemos/Agua-potable>.



el párrafo anterior. Esto indicaría entonces un consumo de 0,09 kWh/m³ para transporte de aguas residuales y 0,05 kWh/m³ para el tratamiento promedio que se realiza en las distintas plantas depuradoras operativas.

Gráfico 4. Consumos anuales de energía en GWh de instalaciones de la empresa de servicios de agua y saneamiento AySA.



Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2017, Agua y Saneamientos Argentinos S.A., Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Presidencia de la Nación.

Figura 3. Consumo de energía de la empresa AySA.

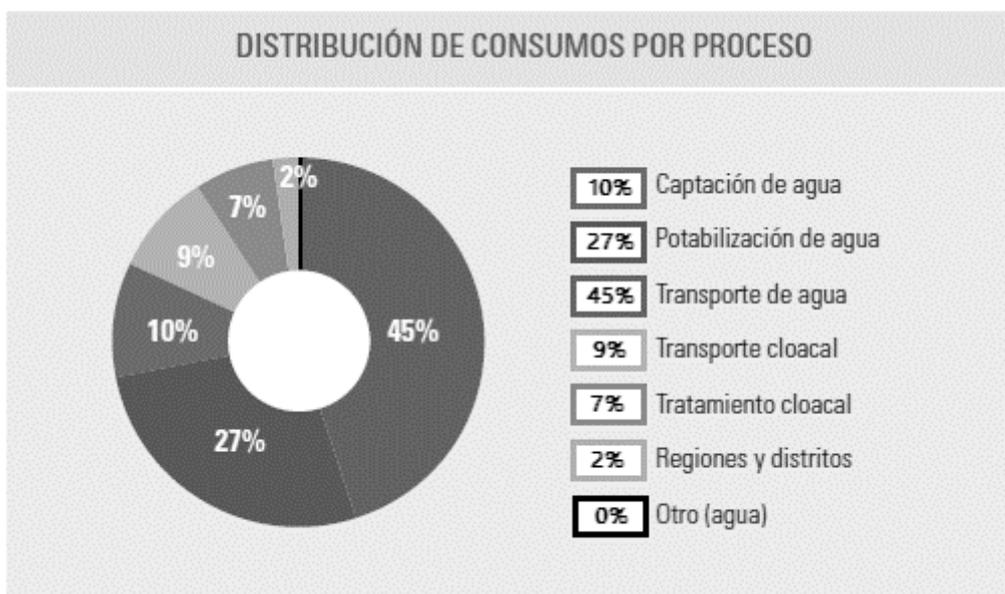


*Crecimiento de la demanda debido a la incorporación de nuevos partidos al área de concesión.

Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2018, Agua y Saneamientos Argentinos S.A., Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Presidencia de la Nación.



Gráfico 5. Distribución de consumos por procesos que lleva adelante AySA



Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2018, Agua y Saneamientos Argentinos S.A., Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Presidencia de la Nación.

Si se realiza el mismo análisis para el año 2018 (Ver figuras 1, 2,3 y gráfico 5) tenemos que los 735.005.441,48 kWh consumidos en el año se reparten en: 73,5 GWh (10%) en captación de agua; 198,5 GWh (27%) en potabilización de agua; 330,8 GWh (45%) en transporte de agua; 66,2 GWh (9%) en transporte de aguas residuales; 51,5 GWh (7%) en tratamiento de aguas residuales y 14,7 GWh (2%) en otros consumos registrados como “Regiones y distrito” y “Otro”. Con dichos valores y los volúmenes de agua potable producidos y distribuidos (5.868.638 m³/día) por un lado, y los volúmenes de aguas residuales transportadas y tratadas (2.398.82 m³/día), se pueden estimar indicadores de AySA con mejor precisión para el año 2018. **En este caso tendríamos que el sistema de captación de agua insume unos 0,03 kWh/m³; la potabilización 0,09 kWh/m³, el transporte de agua para consumo 0,15 kWh/m³, transporte de aguas residuales 0,08 kWh y tratamiento de aguas residuales 0,06 kWh/m³.**

Por otro lado a partir de los datos de consumo de energía eléctrica de Grandes Usuarios provisto por CAMMESA⁴⁸, es posible asignar la energía consumida por usuarios que se identifican pertenecientes al sector de agua y saneamiento, pero sin distinción de los consumos correspondientes a cada parte del ciclo del agua. Este análisis de la información, permite conocer los siguientes valores:

⁴⁸ <https://portalweb.cammesa.com/pages/institucional/grandesUsuarios.aspx>



Tabla 7. Consumos anuales de energía de Grandes Usuarios de CAMMESA para el sector de agua y saneamiento.

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MWh	828.957	850.872	874.636	899.450	940.210	977.043	976.562

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CAMMESA.

Los valores presentados en la Tabla 7 corresponden a la suma de los consumos de las siguientes empresas: Agua y Saneamientos Argentinos S.A.⁴⁹, Aguas Bonaerenses S.A.⁵⁰, Aguas Cordobesas S.A.⁵¹, Aguas de Catamarca S.A.P.E.M.⁵², Aguas de Corrientes S.A.⁵³, Aguas de Formosa S.A.⁵⁴, Aguas de la Costa S.A., Aguas de Santiago S.A.⁵⁵, Aguas del Valle S.A., Aguas Rionegrinas S.A.⁵⁶, Aguas Santafesinas S.A.⁵⁷, Cooperativa de Provisión de Obras y Servicios Públicos Clorinda Ltda.⁵⁸, Cooperativa de Trabajo Acueductos Centro Ltda.⁵⁹, Cooperativa Limitada de Provisión de Servicios Públicos y Vivienda de Puerto Madryn⁶⁰, Departamento Provincial de Aguas de Río Negro⁶¹, Ente Provincial de Agua y Saneamiento de Neuquén⁶², Obras Sanitarias de la Municipalidad de Colón⁶³, Obras Sanitarias S.E. de Mar del Plata⁶⁴, Sociedad Cooperativa Popular Limitada de Comodoro Rivadavia⁶⁵, Sociedad de Aguas del Tucumán⁶⁶, Obras Sanitarias de Villa Mercedes⁶⁷, Servicios de Aguas de Misiones S.A.⁶⁸, Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A.⁶⁹, Sudamericana de Aguas S.A.⁷⁰, y otras que no han podido ser identificadas. Si bien se observan importantes prestadores de servicios, hay muchas prestadoras que no forman parte de la estructura de Grandes Usuarios, por lo que su consumo de energía no se ha visto reflejado en los valores presentados en la Tabla 06 y tampoco se conoce con certeza si todos los consumos de dichas prestadoras están incluidos en el listado.

3.2. Benchmarking en base a distintas fuentes bibliográficas que analizan el vínculo agua-energía en el contexto del ciclo integral del agua

A fin de establecer una visión preliminar del estado de situación energética sectorial, se

⁴⁹ <https://www.aysa.com.ar/>

⁵⁰ <https://www.aguasbonaerenses.com.ar/>

⁵¹ <https://www.aguascordobesas.com.ar/>

⁵² <http://www.adcsapem.com.ar/>

⁵³ <https://www.aguasdecorrientes.com/>

⁵⁴ <http://www.aguasdeformosa.com/home/>

⁵⁵ <https://www.aguasdesantiago.com.ar/>

⁵⁶ <https://aguasrionegrinas.com/>

⁵⁷ <https://www.aguassantafesinas.com.ar/portal/>

⁵⁸ <http://www.coopclor.com.ar/home.htm>

⁵⁹ <http://www.cotacacueductos.com.ar/>

⁶⁰ <https://servicoonline.com/>

⁶¹ <https://dpa.rionegro.gov.ar/>

⁶² <http://www.epas.gov.ar/>

⁶³ <http://www.colon.gov.ar/institucional/contenidos/obraspublicas.php?id=2>

⁶⁴ <https://www.osmgp.gov.ar/osse/>

⁶⁵ <https://scpl.coop/>

⁶⁶ <https://aguasdel Tucuman.com.ar/index.php>

⁶⁷ <https://www.villamercedes.gov.ar/subpograma-de-animales-sueltos/itemlist/category/3-obras-sanitarias>

⁶⁸ <https://www.samsa.com.ar/>

⁶⁹ <https://www.aguasdelnortesalta.com.ar/index.php>

⁷⁰ <http://www.sudamericana.com.ar/>



comparan los consumos energéticos por unidad de producto estimados en distintos estudios.

Nota metodológica para la estimación de ahorro energético por benchmarking:

Cálculo del consumo específico por planta/empresa/rama como el cociente del consumo neto de energía y la producción para un mismo año. Estimación del nivel de benchmark adecuado con el cual se lleva adelante la comparación del consumo específico. La comparación del indicador de consumo específico de determinada planta, empresa o rama con un nivel de benchmark correspondiente a tecnologías actuales requiere considerar límites del sistema, procesos industriales, insumos y productos que sean efectivamente comparables (e.g. nivel de benchmark CT “Current Technology” del U.S. Department Of Energy). Usualmente, los niveles de benchmark vienen desagregados por subproceso, tipo de tecnología y producto de tal forma que sea posible reconstruir un indicador de consumo específico que sea comparable con el proceso nacional a nivel de una planta industrial o una empresa, o que al menos pueda representar el promedio de la situación de una determinada rama industrial. En el caso de niveles de benchmark que están asociados con cambios tecnológicos profundos, los procesos no necesariamente son equivalentes a los utilizados actualmente a nivel nacional, aunque debe haber coherencia en los productos y los límites del sistema a analizar.

Estimación del potencial de ahorro de una planta/empresa/rama. Ejemplo, con una actividad cuya producción física se expresa en toneladas:

Potencial de ahorro (GJ/año) = [CE (GJ/ton) – CE_{bench} (GJ/ton)] x Producción (ton/año),

Donde: CE es el consumo específico de la empresa en energía neta por unidad de producto, y CE_{bench} es el consumo específico del nivel de benchmark.

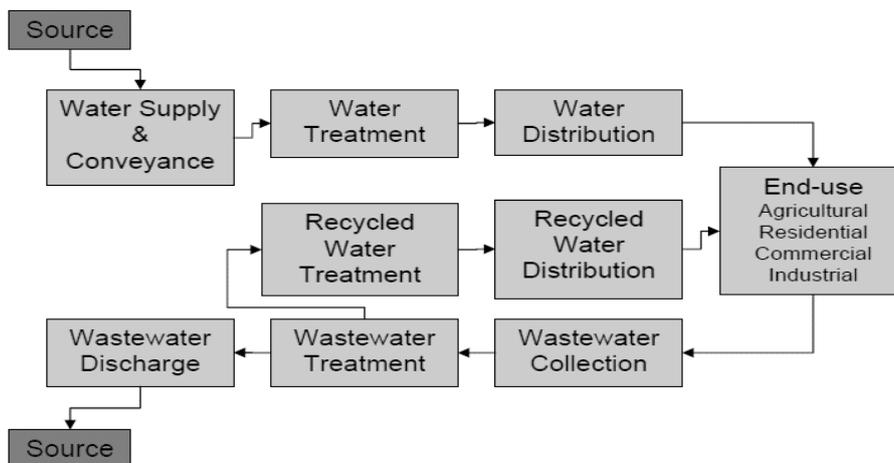
El potencial de ahorro puede ser expresado también como % del consumo neta de energía de cada rama, o como % del consumo del sector industrial en su conjunto.

La relación entre el agua y la energía es tan importante como compleja. Esta complejidad no solo se expresa porque la producción de energía requiere agua y la gestión del agua requiere energía, sino también por la relación entre la energía y el agua con el clima y con el cambio climático.

*Los datos básicos para el cálculo de la huella energética del sector del agua no se encuentran recopilados por los organismos competentes, lo que indica tanto la complejidad, como el poco interés que ha recibido hasta hace poco el consumo energético en el sector del agua. El Global Water Research Coalition (alianza internacional entre 12 de las organizaciones con mayor actividad en investigación en agua) ha iniciado en 2008 un programa con el objetivo de lograr un ciclo de agua urbana con una huella energética y de carbono neutral para el año 2030. En una primera estimación con los pocos datos disponibles, se estima **la huella energética en potabilización (tratamiento y suministro) del orden de 0,4 – 1 kWh/m³ y la huella de la gestión de las aguas residuales (recogida y tratamiento) en 0,5 – 0,7 kWh/m³.***



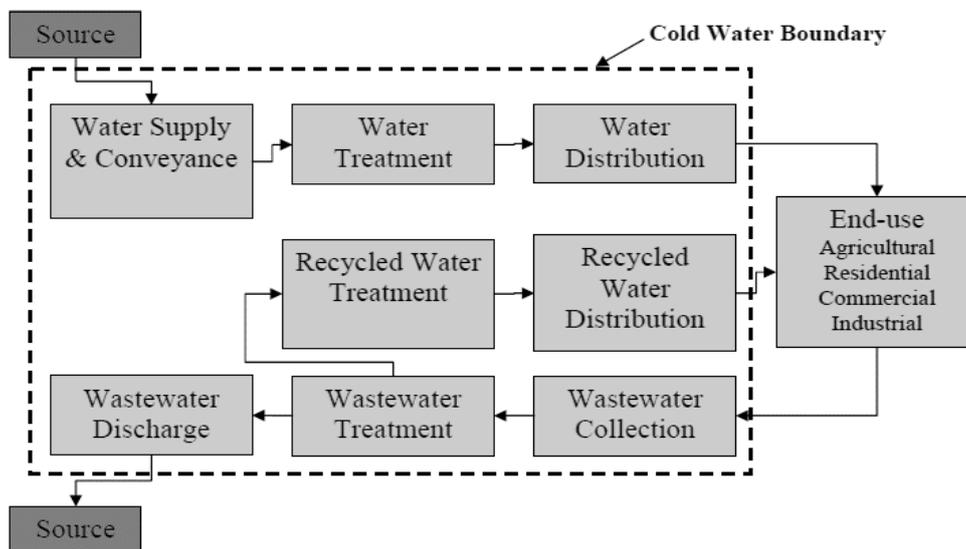
Figura 4. Esquema básico del ciclo del agua.



Fuente: California's Water-Energy Relationship.

De acuerdo a estudios realizados en el Estado de California (Klein et al., 2005), dejando de lado los usos finales⁷¹, y valorando únicamente el consumo en el ciclo urbano, los valores anuales pueden representar el 3,8% del consumo de energía eléctrica y del **0.3% la demanda de gas⁷² natural**. En un estudio posterior (Carlson y Warlburger, 2007), extendido a sesenta mil instalaciones de tratamiento de agua potable y quince mil instalaciones de depuración de aguas residuales operativas en Estados Unidos se evaluó el consumo de electricidad en el 3% del total nacional⁷³, lo cual representaría unos 116.760 GWh.

Figura 5. Esquema con el “Límite del Agua Fría”.



Fuente: California's Water-Energy Relationship.

⁷¹ Básicamente se limita el estudio de los consumos de energía a lo que se encuentra dentro de lo que se denomina “Límite del Agua Fría” dentro del ciclo de uso del agua (ver esquema).

⁷² Dado que no se incluyen usos finales, se supone que son consumos que tienen las distintas plantas para usos térmicos internos como calentar biodigestores anaeróbicos o para autogeneración de electricidad.

⁷³ Según el Annual Energy Review 2007 de la U.S. Energy Information Administration (p.260), en 2007 se consumieron 3.892.000 GWh en los EE.UU.



El consumo mundial de energía que se emplea en el ciclo del agua es del 7% con una gran variabilidad entre países, 3% en Estados Unidos, 2.4% en Brasil⁷⁴ y un 5.8% estimado para España⁷⁵, son algunos ejemplos (Ferro y Lentini, 2015).

Dejando de lado los usos finales, donde probablemente el uso doméstico del agua caliente en los hogares sea el factor más relevante en el consumo de energía, el ciclo del agua en las ciudades presenta niveles de consumo (Potencias Unitarias, expresadas en W/h.e⁷⁶) como los que se presentan en la tabla a continuación, para cada uno de los principales elementos de una planta depuradora, diferenciadas por tamaño del municipio⁷⁷.

⁷⁴ El consumo final de energía eléctrica en Brasil para 2015 fue de aproximadamente 523.000 GWh, según IEA. <https://www.iea.org/countries/brazil>.

⁷⁵ El consumo total de energía eléctrica en España en 2015 fue estimado en 228.837 GWh, según el informe “La Energía en España, 2015” de la Secretaría de Estado de Energía del Gobierno de España, p. 39.

⁷⁶ Habitante equivalente.

⁷⁷ Estudio de Prospectiva, consumo energético en el sector del agua (IDAE).

Tabla 8. Potencias Unitarias, expresadas en W/h.e., de los principales elementos de una planta depuradora, diferenciadas por tamaño del municipio.

Tamaño de municipio	Total	<101	101 - 500	501 - 1.000	1.001 - 2.000	2.001 - 3.000	3.001 - 5.000	5.001 - 10.000	10.001 - 20.000	20.001 - 30.000	30.001 - 50.000	50.001 - 100.000	100.001 - 500.000	>500.000
Línea de agua														
Bombeo		0,06	0,10	0,10	0,13	0,13	0,13	0,16	0,18	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20
Motores y bombas desbaste		1,80	2,20	2,10	1,00	0,70	0,50	0,40	0,20	0,20	0,15	0,12	0,12	0,11
Motores y bombas desarenado				2,50	1,20	0,80	0,50	0,40	0,25	0,25	0,25	0,16	0,07	0,07
Motores y bombas primario													0,01	0,01
Fosa séptica														
Fosa séptica + filtro biológico														
Compacto aeración extendida		30,00	20,00	6,70										
Aireación biodiscos			3,30	1,80										
aireación extendida mecánica					9,50	6,70	6,50	6,20	5,00	4,70	4,70	4,70		
Aireación extendida con soplantes					9,50	6,70	6,50	6,20	5,00	2,88	2,88	2,88		
Fangos activos													1,80	1,80
Aireación FA con desnitrificación												3,45	2,16	2,16
Agitación y retomo de fangos FA			5,70	1,60	1,30	2,00	1,80	1,50	0,90	0,80	0,40	0,30	0,30	
Agitación y retomo de fangos desnitrificación											0,48	0,36		
Decantación y bombeo fangos					0,40	0,32	0,25	0,25	0,14	0,12	0,08	0,05	0,01	0,01
Tratamiento terciario					0,52	0,42	0,33	0,33	0,18	0,16	0,10	0,07	0,01	0,01
Línea de fangos														
Espesador gravitacional			0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,15	0,10					
Espesador mecánico										0,20	0,15	0,10	0,09	0,02
Eliminación directa (húmedo)		0	0	0	0	0								
Deshidratación sacos filtrantes				0,40	0,32	0,22								
Centrifugado							0,60	0,60	0,75	0,50	0,40	0,25	0,15	0,15
Digestión anaerobia y cogeneración													-0,60	-0,60

Fuente: Estudio de Prospectiva, consumo energético en el sector del agua (IDAE). A continuación, se citan algunos estudios sobre la relación entre agua y energía, con los principales hallazgos y valores que vinculan el uso y consumo de agua con el consumo energético.



3.2.1. California's Water-Energy Relationship

En la tabla siguiente correspondiente al California's Water-Energy Relationship, se observa la fuerte diferencia entre los valores máximos y mínimos en captación, transporte y potabilización. Ello se debe a la estrecha relación con la escasez de recursos naturales próximos a las ciudades, lo que obliga, en el Estado de California, a realizar costosos trasvases desde cuencas hidrográficas muy lejanas o recurrir a la desalación de agua de mar.

Tabla 9. Rango de la intensidad energética en el Estado de California, 2001.

CICLO URBANO DEL AGUA	Intensidad energética, kWh/m ³	
	Inferior	Superior
Captación y transporte	0.00	3.70
Potabilización	0.03	4.22
Distribución urbana	0.18	0.32
Alcantarillado y depuración	0.29	1.21
Vertido	0.00	0.11
Reutilización y distribución	0.11	0.32

Fuente: California's Water-Energy Relationship.

Aunque evidentemente no hay dos sistemas de potabilización iguales, un estudio del Electric Power Research Institute (EPRI, 2000) tomando como muestra más de 30.000 instalaciones de Estados Unidos, de todo tipo y tamaño, ofrece un valor medio de intensidad energética de 0,38 kWh/m³, con muy pequeñas diferencias en función del tamaño de la población. Este valor incluye el bombeo de agua bruta a la potabilizadora, 0,03 kWh/m³, y el bombeo a la red de distribución, 0,32 kWh/m³. El resto, 0,03 kWh/m³, corresponde al tratamiento de potabilización para una planta considerada tipo (desbaste, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y tratamiento de los fangos producidos).

En cuanto a la energía empleada en la distribución desde la planta potabilizadora al consumidor, 0,32 kWh/m³, se observan fuertes oscilaciones de un municipio a otro en función de la topología de la red, la orografía del terreno, la antigüedad de las infraestructuras, etc.

Con las mismas salvedades, un valor medio utilizado para la valoración energética del transporte del agua residual hasta la planta depuradora, el alcantarillado, ha sido establecido en 0,04 kWh/m³ para el Estado de California.

En depuración son más significativas las diferencias en cuanto a la intensidad energética debidas al tamaño de planta, a los requisitos de calidad a alcanzar en el efluente depurado y al sistema de tratamiento adoptado. Un valor central podría situarse, a la vista de las plantas operativas en el Estado de California, en 0,66 kWh/m³.

3.2.2. Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands. WaterReuse Research Foundation.

- Captación

Para la captación del agua subterránea no ofrece valores, ya que dependerán fuertemente de la profundidad a la que se halle la cota piezométrica del acuífero y de la eficiencia del conjunto



bomba/motor. Respecto al consumo cuando la toma es superficial considera que en la mayoría de los casos es prácticamente nula.

- *Transporte*

Se refiere al transporte desde la fuente de suministro hasta la instalación de tratamiento. Los valores pueden ser muy dispersos, ya que en algunos casos se requieren grandes infraestructuras que conectan puntos muy distantes territorialmente con importantes desniveles a salvar.

Tabla 10. Intensidad energética para el transporte hasta la planta potabilizadora.

INTENSIDAD ENERGÉTICA TRANSPORTE	Suministro local, kWh/ m³	Trasvase, kWh/ m³
Rango inferior	0.023	0.502
Valor medio	0.029	0.792
Rango superior	0.087	1.399

Fuente: Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands. WateReuse Research Foundation.

- *Potabilización*

La energía que se precisa en la planta de tratamiento está en relación directa con la calidad de la fuente de suministro y la tecnología utilizada para producir agua apta para el consumo humano.

En algunos casos con aguas subterráneas el tratamiento es mínimo, apenas cloración para garantizar la desinfección. En estos casos, el valor medio obtenido en este estudio es de 0,0025 kWh/m³.

Si la planta potabilizadora (estación de tratamiento de agua potable, o ETAP) sigue el esquema clásico de: coagulación, sedimentación, filtración en medio granular y desinfección, los valores obtenidos en función del caudal de tratamiento son los que se indican a continuación.

Tabla 11. Intensidad energética en una ETAP clásica.

INTENSIDAD ENERGÉTICA ETAP CLÁSICA, kWh/m³	Capacidad planta, m³/d			
	<3,787	3,787-18,939	18,939-75,757	>75,757
Rango inferior	0.16	0.08	0.05	0.03
Valor medio	0.40	0.20	0.15	0.06
Rango superior	0.53	0.34	0.29	0.53

Fuente: Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands. WateReuse Research Foundation.

Tabla 12. Intensidad energética del proceso de desinfección en una ETAP.



INTENSIDAD ENERGÉTICA ETAP, SÓLO DESINFECCIÓN	Rango inferior, kWh/ m³	Valor medio, kWh/ m³	Rango superior, kWh/ m³
Desinfección UV			
Lámparas baja presión	0.017	0.015	0.018
Lámparas media presión	0.040	0.026	0.042
Desinfección ozono	0.032	0.042	0.116

Fuente: Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands. WateReuse Research Foundation.

- *Distribución de agua potable*

Se entiende el transporte desde la planta potabilizadora hasta el consumidor final. La energía dependerá de la distancia y la orografía del terreno. El valor medio observado en este estudio se sitúa en 0,14 kWh/m³, con un rango de 0,095 y 0,23 kWh/m³.

- *Alcantarillado*

Se trata del transporte del agua residual producida en los hogares hasta la planta depuradora. Generalmente la conducción es por gravedad, aunque en algunos casos se requieren bombes a lo largo del trazado. El valor medio obtenido ha sido de 0,074 kWh/m³, con un rango que varía ente 0,037 y 0,12 kWh/m³.

- *Depuración*

La energía depende del tipo de tratamiento, de la eficiencia del sistema de elevación del agua bruta hasta la planta de tratamiento, del tamaño de la planta y de la calidad exigida al efluente de salida.

Para un tratamiento convencional: primario (eliminación de sólidos, grasas y aceites) seguido de tratamiento biológico (lagunas aerobias de estabilización, filtros percoladores, fangos activados y lagunaje), el consumo energético obtenido en función del tamaño de planta se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Intensidad energética obtenida en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) convencional.

INTENSIDAD ENERGÉTICA EDAR CONVENCIONAL, kWh/ m³	Capacidad planta, m³/d			
	3,787-18,939	18,939-75,757	75,757-189,394	>189,394
Rango inferior	0.40	0.37	0.32	0.25
Valor medio	0.61	0.53	0.42	0.37
Rango superior	0.82	0.66	0.53	0.55

Fuente: Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands. WateReuse Research Foundation.

- *Vertido*

Generalmente el vertido es por gravedad, aunque a veces se requiere un pequeño bombeo. Con



los valores obtenidos, se puede considerar una buena aproximación tomar el consumo en esta fase como cero.

3.2.3. Water and Energy. The United Nations World Water Report

Este reciente documento ofrece valores medios globales sin tener en consideración la distancia de transporte del agua o la eficiencia, aspectos que pueden variar notablemente de un lugar a otro.

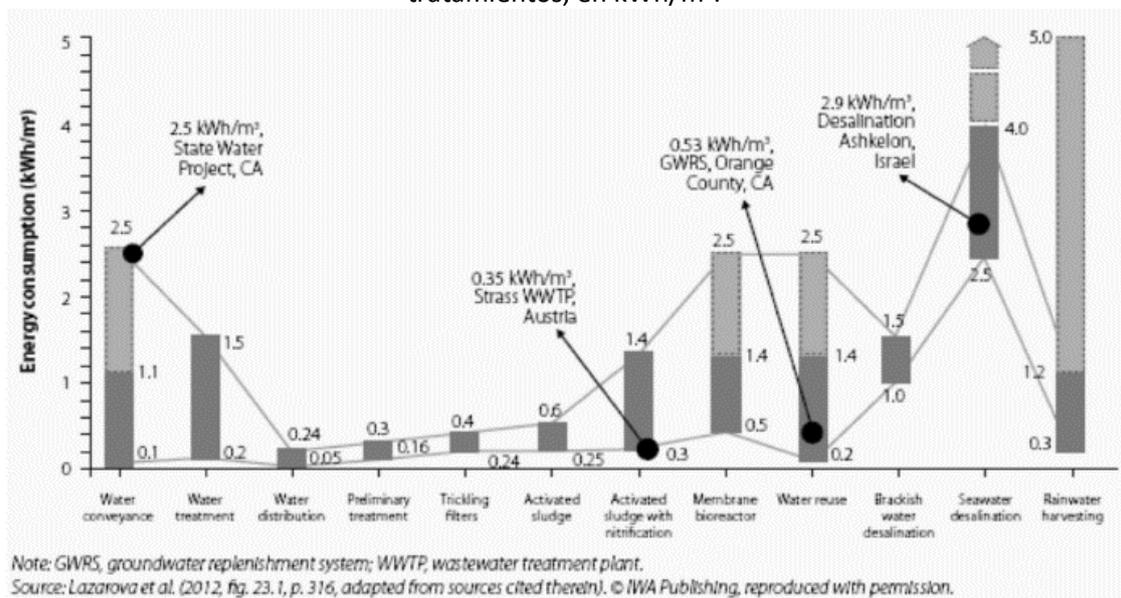
Tabla 14. Intensidad energética en el ciclo urbano.

INTENSIDAD ENERGÉTICA CICLO URBANO	kWh/ m ³
Abastecimiento de lago o río	0.37
Abastecimiento de acuífero	0.48
Depuración agua residual	0.62-0.87
Desalación	2.58-8.5

Fuente: Water and Energy. The United Nations World Water Report.

Como se puede observar en la tabla anterior, el suministro de agua superficial requiere poca energía para su captación en comparación con la procedente de pozo, pero puede precisar por contra un mayor nivel de tratamiento debido a la contaminación. Claramente la desalación es la más intensiva en el uso de energía dependiendo fuertemente de la concentración de sales del agua bruta.

Gráfico 6. Valores típicos de la intensidad energética en el ciclo del agua para distintos tratamientos, en kWh/m³.



Fuente: Water and Energy. The United Nations World Water Report.

Los aumentos de los gastos en energía presentan un gran desafío para la industria del agua y saneamiento: **en muchas ocasiones la energía es el mayor componente de los costos operativos (30-40%) asociados con los servicios de provisión de agua** (Rosas, 2011). Las razones que



explican esta situación son varias:

- Diseño y operación ineficiente, con poca o nula atención a la eficiencia energética.
- Malas condiciones de la infraestructura y altos niveles de agua no contabilizada (40% en promedio [Mejía y Rais, 2011] pero pudiendo llegar hasta el 75%). con pérdidas físicas y comerciales.
- Bajo nivel de medición de caudal en hogares (p.e., Argentina, Panamá y Paraguay) y tarifas artificialmente bajas que resultan en consumos de agua muy por encima de los niveles normales, sistemas de potabilización, transporte y tratamiento de agua sobredimensionados (Ferro y Lentini, 2013; Jouravlev, 2004).
- Mucha dependencia en fuentes subterráneas, que explica más de la mitad del abastecimiento de agua en muchos países, con costos incrementales por bombeo debido a depresiones de los niveles de las napas en muchas áreas por un manejo inadecuado de los acuíferos.
- La necesidad de alcanzar mayores estándares de calidad para agua potable y efluentes, pero también de recurrir a fuentes de agua más distantes (como en México DF y São Paulo), menos convenientes y más contaminadas, e incluso a la desalinización de agua marina.
- Áreas operativas extensas y de baja densidad, a menudo con topografía compleja.
- La expansión del tratamiento de efluentes (y la disposición de barros asociada), que casi se ha triplicado en las últimas décadas (Lentini, 2008), aunque también represente una oportunidad para la producción de biogás.

Con operaciones más eficientes, muchas instalaciones de potabilización de agua podrían llegar a reducir costos de energía entre un 10% y un 40% (Rosas, 2011), e incluso más (hasta un 75%) en tratamiento de efluentes.

3.2.4. Energy Index Development for Benchmarking Water and Wastewater Utilities. AWWA Research Foundation.

Un enfoque muy interesante, del que se pueden extraer buenas conclusiones, nos lo ofrece el estudio de la AWWA publicado en 2007 (Carlson y Walburger, 2007). Haciendo referencia a la importancia que tiene el consumo de energía en los sistemas de abastecimiento y saneamiento en Estados Unidos (consumen un 3% de la electricidad nacional, se propuso un ambicioso estudio que permitiera obtener ratios y sirviera para comparar unas instalaciones con otras de manera que se pudiera evaluar la eficiencia de cada sistema y al mismo tiempo motivar a los explotadores en la mejora de sus instalaciones.

Con el objeto de trabajar con un único indicador de la energía se tomó como referencia la energía primaria.

En un primer análisis se observó la fuerte correlación de la energía con el caudal tratado por la planta, capaz por sí solo, de explicar el 82% del consumo de energía.

Finalmente, seis fueron los parámetros seleccionados como más significativos: caudal de trabajo, relación entre caudal medio y nominal, DBO del agua bruta y del efluente, eliminación de nutrientes como objetivo de calidad y existencia, o no, de filtro percolador.

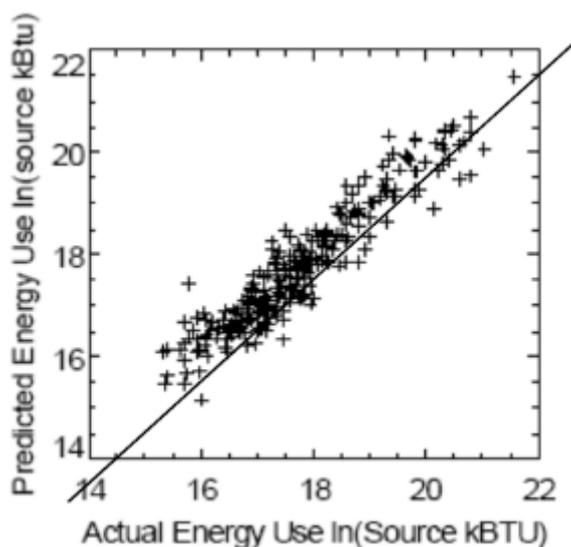
Con el modelo ajustado (ver ecuación 1) se logró explicar el 89% de la energía consumida en la instalación, véase en el Gráfico 7, el ajuste obtenido con la representación logarítmica de energía utilizada y predicha por el modelo.



Ecuación 1

$$\text{LN(Energía kBtu/yr)} = 15.8741 + 0.8944 \cdot \text{LN}(\text{caudal medio influente MGD}) + 0.4510 \cdot \text{LN}(\text{DBO influente mg/l}) - 0.1943 \cdot \text{LN}(\text{DBO efluente mg/l}) - 0.4280 \times \text{LN}(\text{Caudal Medio} / \text{Caudal de diseño}) - 0.3256 \times (\text{Filtro percolador? 0 or 1}) + 0.1774 \times (\text{Eliminación de nutrientes? 0 or 1})$$

Gráfico 7. Relación entre la energía usada y la predicha por el modelo.



Fuente: Energy Index Development for Benchmarking Water and Wastewater Utilities, AWWA Research Foundation.

3.2.5. Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava.

Tabla 15. Intensidad energética del abastecimiento en municipios de la Costa Brava.

INTENSIDAD ENERGÉTICA MUNICIPIOS COSTA BRAVA	Captación/extracción, potabilización y distribución kWh/ m³
Agua superficial - transporte a cortas distancias (< 10 km)	0.0002-0.37
Agua superficial - transporte a largas distancias (> 10 km)	0.15-1.74
Agua subterránea - acuíferos locales	0.37-0.75
Agua subterránea - acuíferos lejanos	0.60-1.32
Desalación (incluye distribución)	4.94-5.41

Fuente: Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava, Sala L. (2007).

Tabla 16. Intensidad energética del saneamiento en municipios de la Costa Brava.



INTENSIDAD ENERGÉTICA MUNICIPIOS COSTA BRAVA	Recolección, transporte y depuración, kWh/ m³
Fangos activados convencionales	0.43-1.09
Aireación prolongada	0.49-1.01
Lagunaje convencional	0.05

Fuente: Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava, Sala L. (2007).

3.2.6. Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia.

Valencia y su área metropolitana reciben el agua superficial de los ríos Turia y Júcar tras su potabilización en las plantas de Manises y Picassent. Ambas instalaciones siguen el esquema clásico de tratamiento compuesto por: desbaste, coagulación-floculación y sedimentación, filtración en medio granular, desinfección y tratamiento de los fangos producidos. Respecto a la depuración de las aguas residuales son cuatro las plantas que tratan los efluentes urbanos que se producen: Pinedo I y II, Conca Carraixet y Quart-Benàger. Estas depuradoras disponen de tratamiento biológico de fangos activados y la línea de fangos cuenta con digestión anaerobia. Los resultados obtenidos ofrecen una intensidad energética media del ciclo urbano de 1,124 kWh/m³. Este valor es muy similar al obtenido en la zona norte de California (1,04 kWh/m³).

Tabla 17. Intensidad energética del ciclo urbano en Valencia.

INTENSIDAD ENERGÉTICA VALENCIA	kWh/ m³
Captación, bombeo, transporte, potabilización y distribución	0.13-0.31
Rebombeo	0.16
Drenaje	0.05
Depuración	0.1-0.54
Emisario	0.05
Transporte aguas reutilizadas	0-0.23
Tratamientos terciarios	0.2

Fuente: Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia, Murgui M., Cabrera E., Pardo M. (2009)

3.2.7. Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE).

En cuanto a la depuración, dice: "La depuración de los 3.000 hm³/año de aguas residuales urbanas, por su parte, conlleva otro 1% del consumo energético nacional. Existe una gran diferencia entre la concepción tecnológica de las depuradoras pequeñas y las grandes. Las depuradoras pequeñas y de medio tamaño suelen carecer de sistemas de control de la aireación. Además, el diseño, basado en la robustez mecánica, implica un cierto sobredimensionamiento de equipos electromecánicos. Por ello, el consumo unitario en tales depuradoras es relativamente elevado. En grandes depuradoras, se optimiza el diseño, el dimensionamiento y el control para



lograr consumos energéticos ajustados.

Se estima que la optimización energética de las depuradoras existentes puede significar una reducción en el consumo del 17,5%. Mayor impacto se podrá lograr en las pequeñas plantas mediante la implantación de sistemas de control del bombeo y la aireación y en modificaciones conceptuales en el pretratamiento."

El estudio ofrece ratios de consumo desagregados por tipos de tratamiento y tamaño del municipio que resultan de gran valor para caracterizar la gran variabilidad que se observa en el conjunto nacional.

Las unidades de tratamiento estudiadas han sido:

- Línea de agua: desbaste, bombeo, desarenado, fosa séptica, fosa séptica + filtro biológico, depuradora compacta, biodiscos, SBR, aireación prolongada (desnitrificación), tratamiento primario, fangos activados convencional (desnitrificación).
- Línea de fangos: eliminación directa, espesado, deshidratación, digestión anaerobia.

Tabla 18. Potencia unitaria (W/h.e.⁷⁸) de los principales elementos de una planta depuradora.

Tamaño del municipio	< 101	101 500	501 1.000	1.001 2.000	2.001 3.000	3.001 5.000	5.001 10.000	10.001 20.000	20.001 30.000	30.001 50.000	50.001 100.000
Línea de agua											
Bombeo	0.06	0.10	0.10	0.13	0.13	0.13	0.16	0.18	0.21	0.21	0.21
Motores y bombas desbaste	1.80	2.20	2.10	1.00	0.70	0.70	0.40	0.20	0.20	0.15	0.12
Motores y bombas desarenado			2.50	1.20	0.80	0.80	0.40	0.25	0.25	0.25	0.16
Motores y bombas primario											
Fosa séptica											
Fosa séptica + filtro biológico											
Compacto aeración extendida	30.0	20.0	6.70								
Aireación biodiscos		3.30	1.80								
Aireación extendida mecánica				9.50	6.70	6.50	6.20	5.00	4.70	4.70	4.70
Aireación extendida con soplantes				9.50	6.70	6.50	6.20	5.00	2.88	2.88	2.88
Fangos activos											
Aireación FA con desnitrificación											3.45
Agitación y retorno de fangos FA			5.70	1.60	1.30	2.00	1.80	1.50	0.90	0.80	0.40
Agitación y retorno de fangos desnitrificación											0.48
Decantación y bombeo fangos				0.40	0.32	0.25	0.25	0.14	0.12	0.08	0.05
Tratamiento terciario				0.52	0.42	0.33	0.33	0.18	0.16	0.10	0.07

⁷⁸ Habitante equivalente (h.e.).



Línea de fangos											
Espesador gravitacional		0.20	0.10	0.05	0.03	0.02	0.15	0.10			
Espesador mecánico									0.20	0.15	0.10
Eliminación Directa (humedo)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
Deshidratación sacos filtrantes			0.40	0.32	0.22						
Centrifugado						0.60	0.60	0.75	0.50	0.40	0.25
Digestión anaerobia y cogeneración											

Fuente: Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE).

Las potencias totales obtenidas en función del tamaño del municipio por habitante equivalente se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 19. Potencias por habitante (W/h.e.) de una planta depuradora en función de su tamaño.

Tamaño municipio, h.e.	Potencia (W/h.e.)
< 101	6.4
101 - 500	19.0
501 - 1,00	15.8
1,001 - 2,000	14.0
2,001 - 3,000	10.1
3,001 - 5,000	10.5
5,001 - 10,000	10.0
10,001 - 20,000	8.1
20,001 - 30,000	5.6
30,001 - 50,000	5.1
50,001 - 100,000	4.4
100,000 - 500,00	2.5
> 500, 000	2.4
Total	5.6

Fuente: Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE).

Siendo la media nacional de la potencia necesaria para la depuración de las aguas residuales urbanas de 5.6 W/h.e. que equivale a un consumo energético de 49 kWh/(h.e. año) o 0,67 kWh/m³.

- Las depuradoras para poblaciones de menos de 100 h.e. normalmente se operan por gravedad y una parte relevante carece de depuración biológica aerobia. Por ello, el consumo por habitante en este rango es bajo.
- En depuradoras pequeñas el peso del desbaste y desarenado en el consumo energético de la depuradora es relativamente grande. La explicación es que el correcto funcionamiento de estos equipos requiere de una potencia mínima de los motores y bombas, con el fin de evitar malfuncionamientos debido a atascos (robustez). El diseño,



por tanto, no guarda una relación directa con el tamaño de la instalación, sino que se parte de una potencia mínima.

- En depuradoras pequeñas, la aireación se suele sobredimensionar. Ello se debe por una parte a los requisitos de robustez, similares a los del pretratamiento. Por otra, se emplea el sistema de aireación para la doble función de aireación y mezcla, a pesar de ser energéticamente ineficiente.
- El diseño de una depuradora se basa exclusivamente en parámetros de proceso y de ingeniería mecánica (robustez). No se realiza una evaluación coste/beneficio energético. De hecho, el ejercicio realizado en el marco de este estudio ha significado una cierta revelación, sobre la magnitud de las ineficiencias energéticas y, en consecuencia, de las oportunidades de mejora.

Tabla 20. Potencial de ahorro en depuración urbana.

	Consumo unitario		Potencial de ahorro (%)
	(W/h.e)	kWh/(m ³ .año)	
Consumo actual	5,6	49	-
Potencial ahorro	0,98	8,6	17,5%

Fuente: Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE).

A la vista de estos resultados se estima que, implantando medidas, el ahorro energético global podría ser del 17,5%, con una mayor incidencia en las plantas de menor tamaño. Así, el consumo unitario actual de 5,6 W/h.e. (49 kWh/m³.año) se podría reducir en 0,98 W/h.e. (8,6 kWh/m³.año).

Gráfico 8. Potencia requerida por unidad de tratamiento.



Fuente: Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE).



3.2.8. Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería.

El trabajo de investigación realizado tiene por objeto la determinación de los consumos de energía eléctrica asociados al abastecimiento urbano de agua (captación, potabilización y distribución).

Arroja una relación de intensidad energética de 1.48 kWh/m³ de agua captada, con un rango que oscila entre 0.01 y 5.44 kWh/m³.

Tabla 21. Intensidad energética en el abastecimiento urbano de Almería.

INTENSIDAD ENERGÉTICA ABASTECIMIENTO URBANO ALMERÍA	Captación, potabilización y distribución, kWh/m³
Captaciones subterráneas	0.94
Desalación	4.50
Transferencia externa (trasvases)	2.24
Global	1.48

Fuente: Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería. Martínez F.J. (2011).

El trabajo también realiza una aproximación al consumo del ciclo urbano estimando los consumos energéticos del saneamiento.

Tabla 22. Intensidad energética en el saneamiento urbano de Almería.

INTENSIDAD ENERGÉTICA SANEAMIENTO URBANO ALMERÍA	kWh/m³
Alcantarillado	0.05
Depuración	0.53
Vertido	0.05
Global	0.63

Fuente: Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería. Martínez F.J. (2011).

3.2.9. Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus

Tabla 23. Intensidad energética en el ciclo urbano del agua en España.

INTENSIDAD ENERGÉTICA CICLO URBANO	kWh/m³
Suministro y potabilización	1.08
Distribución	0.17
Alcantarillado	0.05
Depuración	0.51
Reutilización (incluye distribución)	0.59
Total	1.71

Fuente: Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus, Hardy L., Garrido A., Juana L., (2012).



Tabla 24. Consumo global de energía en el ciclo urbano del agua en España.

CONSUMO GLOBAL ENERGÍA CICLO URBANO EN ESPAÑA	Volumen agua, Hm ³ /año	Electricidad GWh/año
Suministro y potabilización		
Urbano	4,343	3,182
Desalación	694	2,275
Distribución		
Residencial	2,540	440
Comercial	833	144
Municipal y otros	359	62
Saneamiento		
Alcantarillado	3,788	189
Depuración	2,842	1,454
Reutilización (incluye distribución)	1,510	887
Total		8,633
Consumo España		279,392
% Consumo Urbano / Total España		3.1 %

Fuente: Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus, Hardy L., Garrido A., Juana L., (2012).

Tabla 25. Rango de variación de la intensidad energética en el ciclo urbano del agua en España.

INTENSIDAD ENERGÉTICA CICLO URBANO, kWh/m ³	Mínimo	Medio	Máximo
Captación y transporte	0	0.21	2.10
Potabilización	0.11	0.57	4.67
Distribución	0.12	0.21	0.22
Depuración	0.41	0.53	0.61
Reutilización y transporte	0.32	0.59	0.85
Vertido	0	0.05	0.11

Fuente: Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus, Hardy L., Garrido A., Juana L., (2012).

3.2.10. Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado⁷⁹.

En este informe elaborado para la CEPAL se recopila información específica de proveedores de servicios públicos en América Latina, se citan indicadores energéticos en base a bibliografía y se analizan oportunidades de mejora y ahorros energéticos en base a distintas experiencias.

Para potabilizar y distribuir el agua de red citan un estudio (Kenway y otros, 2011) que propone en Australia para los años 2006-07 valores que van de 0,09 a 1,92 kWh/m³, “reflejando la diversidad de condiciones físicas locales (tales como calidad de agua, distancia del bombeo, topografía, etc.)”. Para el transporte y tratamiento de aguas residuales el mismo estudio propone valores entre 0,45 y 1,13 kWh/m³, en función de los distintos parámetros de calidad requeridos y tecnologías aplicadas.

⁷⁹ Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado. Series Recursos Naturales e Infraestructura de CEPAL. Gustavo Ferro y Emilio J. Lentini, 2015. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/37630>.



También se cita un estudio realizado en Brasil, donde “entre las empresas de jurisdicción estadual, el gasto de energía promedio para producir un metro cúbico de agua extraída, potabilizada y distribuida en 2011 era de 0,71 kWh. Entre las empresas municipales, la energía media utilizada para producir un metro cúbico de agua fue de 0,83 kWh (GO Brazil Asociados, 2013).”

3.3. Resumen de bibliografía recopilada.

De, acuerdo al informe *Huella Energética en el Ciclo Integral del Agua en la Comunidad de Madrid*, “El repaso a las referencias nacionales e internacionales evidencia la importancia que ha adquirido la evaluación del uso de la energía en el ciclo urbano del agua. Probablemente, por su impacto a nivel internacional, el estudio pionero presentado por el Estado de California en 2005 (Klein et al., 2005) marcó una seria preocupación por esta cuestión al estimar que el 19% de la energía usada en ese Estado estaba asociada al uso del agua, ya sea en la agricultura, comercio, industria o viviendas. Fijando la atención únicamente en el ciclo urbano del agua (suministro, potabilización, alcantarillado, depuración y reutilización), y dejando de lado los usos finales (rebombos en edificios y agua caliente sanitaria, mayoritariamente), el consumo de energía eléctrica de este sector se evaluaba en el 3.8% del total del Estado.”

“Naciones Unidas estima que los gastos de electricidad oscilan entre el 5 y el 30% de los costes totales de operación en los servicios de agua y alcantarillado en todo el mundo, pudiéndose alcanzar en algunos casos un 40%.”

Tabla 26. Resumen de los valores de intensidad energética en las distintas fases del ciclo urbano del agua.

Referencia	Lugar:	Intensidad energética media (kWh/m ³)						
		Captación y transporte		Potabilización	Desalación	Distribución	Depuración	Reutilización
Klein et al., (2005)	California	0.04		0.03		0.32	0.66	
Cooley H. and Wilkinson R. (2012)	Estados Unidos	0.029		0.06 - 0.4 ¹	4	0.14	0.37 - 0.61 ¹	
UNESCO (2014)	Distintos países	0.37 ²	0.48 ³		2.58 - 8.5		0.62 - 0.87	
Sala L. (2007)	Costa Brava	0.0002 - 0.37 ²	0.37-0.75 ³		4.94 - 5.41		0.46 - 1.05	
Murqui et al., (2009)	Valencia					0.16 ⁴	0.35 ⁵	
IDAE (2010)	España				3.5-5		0.34 ^{6.1} 0.68 ^{6.2}	
Martínez F.J. (2011)	Almería		0.94 ³		4.5		0.53	
Hardy et al., (2012)	España	0.21		0.57 ⁷		0.17	0.51	0.59

1 en función del caudal de tratamiento; 2 aguas superficiales; 3 aguas subterráneas; 4 rebombos; 5 obtenido en grandes EDAR; 6.1 dato original en kW/h.e. Calculado asumiendo una dotación de 200l/h.e. Valor obtenido en plantas grandes. 6.2 dato original en kW/h.e. Calculado asumiendo una dotación de 200l/h.e. Valor medio de todas las plantas; 7 incluye desalación.

Fuente: Huella Energética en el Ciclo Integral del Agua en la Comunidad de Madrid.

“Conocer los ratios de intensidad energética entre distintas instalaciones permitirá establecer rangos de variabilidad para cada proceso vinculado al ciclo urbano del agua en relación a determinadas características o exigencias. La gran variabilidad de los parámetros que interviene



en cada sistema hace muy difícil la comparación directa entre instalaciones.”

“Una de las oportunidades más interesantes para reducir la energía utilizada para el tratamiento de aguas residuales es mejorar la gestión de las aguas de tormenta (sistemas/redes pluviales). Durante las lluvias, una cantidad considerable de agua de escorrentía termina en los sistemas de transporte y tratamiento de aguas residuales, incrementando enormemente los costos de tratamiento. Incluso en comunidades que hacen su mejor esfuerzo para mantener al agua de tormenta por fuera de las redes cloacales, se observa cerca del doble del caudal normal durante las tormentas en comparación a los períodos secos. Esta ‘infiltración/influjo’ de agua de tormenta dentro de las redes cloacales ha forzado a muchas comunidades a que en algunas ocasiones deban descargar aguas residuales crudas o con tratamiento mínimo a los cuerpos de agua receptores.”

4. Conclusiones para el Sector Agua y Saneamiento en Argentina

Dada la falta de información del estado y funcionamiento del sector agua y saneamiento de manera global para nuestro país, en gran medida debido a la atomización de prestadores de servicios, entes reguladores y jurisdicciones involucradas, es difícil en este informe diagnóstico aproximar un valor energético que represente a todo el sector sin un gran nivel de incertidumbre. Es posible proponer una primera estimación de valores para las distintas etapas en base a supuestos y utilizando la información generada por los estudios y fuentes del sector que se citaron a lo largo del presente informe. Se estiman entonces los valores de consumo de energía que deberían esperarse de acuerdo a la cobertura nacional de los servicios y las distintas fuentes bibliográficas y se las comparará con los únicos indicadores del sector que pudieron estimarse en base a información del mayor proveedor de servicios de agua y saneamiento a nivel nacional (AySA).

Los cálculos se basan en algunos supuestos, que se describen a continuación: el nivel de cobertura de las redes de agua potable a nivel nacional es del 85% y de redes cloacales es del 55% (de dicho valor, alrededor del 50% es tratado en una planta con tratamiento primario y secundario aeróbico). Las fuentes de agua que abastecen las tomas se repartirían en un 70% de fuentes superficiales y un 30% fuentes subterráneas. La dotación de agua per cápita demandada sería de 300 litros/hab.día, a lo que hay que sumarle un 40% de producción de agua potable por pérdidas técnicas y comerciales⁸⁰. La principal tecnología para potabilización de agua es mediante filtrado y cloración. La población nacional estimada según el INDEC al 1º de julio de 2020⁸¹ sería de 45.376.763 habitantes, de los cuales aproximadamente 38,57 millones tendrían servicio de agua potable y 24,96 millones tendrían acceso a red cloacal⁸². En base a estos supuestos y los distintos indicadores energéticos que se encontraron y calcularon, se estimaron los consumos de energía a nivel nacional para todas o algunas de las distintas actividades del sector de agua y saneamiento. La tabla 27 resume los resultados asociados a las estimaciones propuestas de acuerdo a las distintas fuentes bibliográficas.

⁸⁰ Ver sección 3.2 Consumo energético en sector de agua y saneamiento a nivel nacional y sección 2.3.3 Cobertura de los servicios.

⁸¹ <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-24-84>.

⁸² Ver sección 2.3.3 Cobertura de los servicios.

Tabla 27. Resumen de Consumos energéticos por unidad tratada, por día y total anual.
(kWh/m³, kWh/día, MWh/año)

Fuente bibliográfica		Captación y transporte				Potabilización	Transporte efluente	Depuración		Consumo anual estimado para Argentina (MWh)		
	m ³ /día	16.199.504				16.199.504	7.487.166	3.743.583				
Klein et al. (2005)	kWh/m ³	0,04				0,03	0,32	0,66		2.190.227 ¹		
	kWh/día	647.980				485.985	2.395.893	2.470.765				
	MWh/año	236.513				177.385	874.501	901.829				
Cooley and Wilkinson (2012)	kWh/m ³	0,029	0,06		0,4	0,14	0,37	0,61		3.396.939 ¹	3.752.702 ₁	
	kWh/día	469.786	971.970		6.479.802	1.048.203	1.385.126	2.283.586				
	MWh/año	171.472	354.769		2.365.128	382.594	505.571	833.509				
UNESCO (2014)	kWh/m ³	0,37	0,48				0,62	0,87		3.034.916 ²	4.026.928 ₂	
	kWh/día	5.993.816	7.775.762				2.321.021	3.256.917				
	MWh/año	2.187.743	2.838.153				847.173	1.188.775				
Sala (2007)	kWh/m ³	0,0002	0,37	0,37	0,75			0,46	1,05		629.730 ²	5.869.342 ₂
	kWh/día	3.240	5.993.816	5.993.816	12.149.628			1.722.048	3.930.762			
	MWh/año	1.183	2.187.743	2.187.743	4.434.614			628.548	1.434.728			
Murqui et al. (2009)	kWh/m ³					0,16	0,35		915.493 ³			
	kWh/día					1.197.947	1.310.254					

Fuente bibliográfica		Captación y transporte	Potabilización	Transporte efluente	Depuración	Consumo anual estimado para Argentina (MWh)				
	MWh/año			437.250	478.243					
IDAE (2010)	kWh/m ³				0,34	0,68	464.579 ⁴	929.157 ⁴		
	kWh/día				1272818	2545636				
	MWh/año				464579	929157				
Martinez (2011)	kWh/m ³	0,94			0,53		6.282.246 ⁵			
	kWh/día	15227534			1.984.099					
	MWh/año	5558050			724.196					
Hardy et al. (2012)	kWh/m ³	0,21	0,57	0,17	0,51		5.773.445 ¹			
	kWh/día	3.401.896	9.233.717	1.272.818	1.909.227					
	MWh/año	1.241.692	3.370.307	464.579	696.868					
Liu et al. (2012) ⁶	kWh/m ³				0,177	0,272	0,314	0,412	241.854 ⁴	562.960 ⁴
	kWh/día				662.614	1.018.255	1.175.485	1.542.356		
	MWh/año				241.854	371.663	429.052	562.960		
Kenway et al. (2011) ⁷	kWh/m ³	0,09	1,92	0,45	1,13		1.761.921 ¹	14.440.694 ¹		
	kWh/día	1.457.955	31.103.048	3.369.225	8.460.498					
	MWh/año	532.154	11.352.612	1.229.767	3.088.082					
	kWh/m ³	0,71	0,83				4.198.101 ⁵			

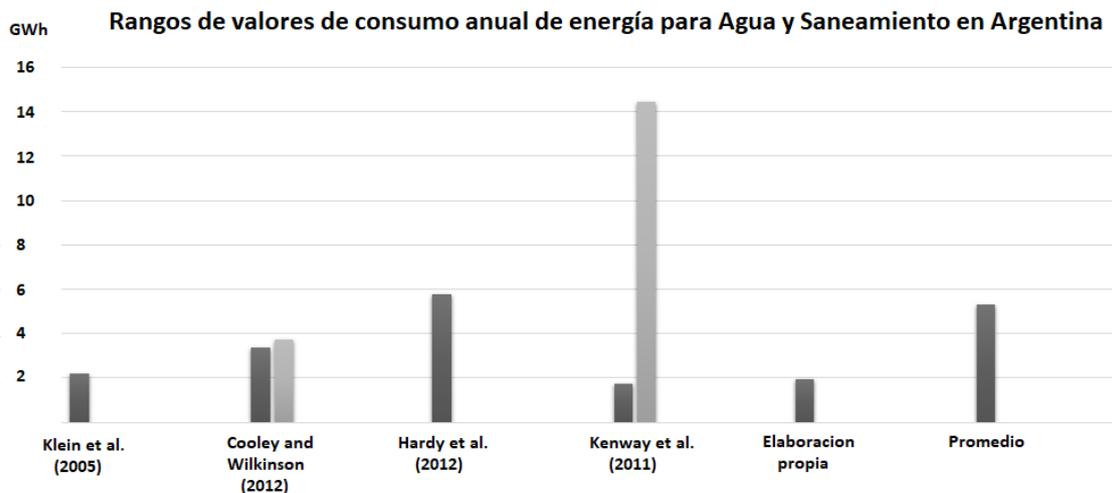
Fuente bibliográfica		Captación y transporte	Potabilización	Transporte efluente	Depuración				Consumo anual estimado para Argentina (MWh)	
GO Brazil Asociados (2013) ⁸	kWh/día	11.501.648	13.445.588							4.907.640 ⁵
	MWh/año	4.198.101	4.907.640							
Elaboración propia en base a datos AySA ⁹	kWh/m ³	0,21	0,08	0,085	0,055				1.963.031 ¹	
	kWh/día	3.320.898	1.214.963	636.409	205.897					
	MWh/año	1.212.128	443.461	232.289	75.152					

1. Incluye los consumos energéticos de todas las actividades del sector.
2. No incluye los consumos energéticos de potabilización ni transporte de aguas residuales.
3. No incluye los consumos energéticos de captación, transporte y potabilización de agua.
4. Sólo incluye consumo energético para tratamiento de aguas residuales.
5. Sólo incluye consumo energético para captación, transporte y potabilización de agua.
6. Las distintas intensidades energéticas corresponden a las distintas tecnologías utilizadas en grandes instalaciones de tratamiento de aguas residuales (aproximadamente 380.000 m³/día) en EE.UU.: filtro percolador (0,177 kWh/m³), tratamiento de lodos activados (0,272 – 0,314 kWh/m³) y tratamiento de lodos activados con desnitrificación (0,412 kWh/m³).
7. Las intensidades energéticas de este estudio se encuentran agrupadas en captación, transporte y potabilización de agua por un lado (con un rango inferior y uno superior) y por otro lado transporte y potabilización de agua (con un rango inferior y uno superior). Por este motivo la estimación del consumo para Argentina está sobreestimada dado que al no poder separar el consumo energético del transporte aguas residuales, por un lado, y tratamiento por otro, se optó por estimar el consumo como si todo el volumen de aguas residuales transportado recibiera tratamiento.
8. En este estudio se encuentra unificada la intensidad energética involucrada en la captación, transporte y potabilización de agua con un rango inferior y otro superior.
9. Los indicadores de consumo energético se elaboraron en base a información pública de AySA para 2017 y 2018 (ver sección 3.2) y en esta tabla se promediaron.

Fuente: Elaboración propia en base a las fuentes citadas en la tabla



Gráfico 9. Estimación de consumos energéticos en el sector agua y saneamiento en Argentina para el año 2020 en base a fuentes bibliográficas y cálculos propios.



Fuente: Elaboración propia en base a las fuentes citadas en la tabla anterior

En base a las estimaciones realizadas en la tabla 27, se pueden extraer algunas conclusiones respecto al consumo energético anual total del sector de agua y saneamiento argentino. Se utilizaron los consumos energéticos específicos de AySA para el resto de los prestadores de servicios del país, el consumo esperable nacional se estima que debería ser de 1.963.031 MWh, valor que se encuentra dentro del rango de las estimaciones por bibliografía. Este último valor, sin embargo, es significativamente superior al reportado por CAMMESA para Grandes Usuarios (GU) del rubro Agua y Saneamiento para el año 2017, 976.562 MWh (alrededor del 0,8% de la demanda nacional⁸³). Dicha diferencia puede deberse a una combinación de los siguientes factores: estaciones de bombeo y plantas no identificadas por CAMMESA como pertenecientes a GU⁸⁴; prácticas y uso extendido de otras opciones tecnológicas con menor consumo de electricidad (p.e. en la provincia de Santa Fe hay plantas de tratamiento que utilizan filtros percoladores en vez de lodos activados); accesibilidad a recursos hídricos superficiales con tratamientos físico-químicos sencillos (decantación, cloración, etc.); etc. Mientras no se cuente con un estudio integral de los sistemas de agua y saneamiento a nivel nacional es difícil estimar realmente que porcentaje del consumo eléctrico nacional se destina al sector de agua y saneamiento.

Si se comparan las distintas actividades dentro del sector agua y saneamiento para comparar los indicadores nacionales con otras referencias bibliográficas donde se observan mayores similitudes es en las actividades de captación y transporte de agua potable, seguido por bombeo de aguas residuales. Por otro lado, hay diferencias notorias entre la energía que se consumiría en las plantas de potabilización y las plantas de tratamiento según los indicadores nacionales cuando se las compara con la que indica el promedio de las fuentes bibliográficas. Nuevamente, debe tenerse en cuenta que cada sistema está condicionado a distintos factores entre los cuales

⁸³ El consumo anual de energía fue de 128.884 GWh en 2019, según CAMMESA.

⁸⁴ En el caso particular de AySA hay registrados 63 consumos de energía en CAMMESA 68 como Grandes Usuarios Mayores y Menores. Sin embargo, en el Reporte de Sustentabilidad 2018 de la empresa declaran que “AySA es uno de los mayores consumidores de energía del área metropolitana. Actualmente AYSA contrata 1.328 suministros”. La suma de los consumos registrados de esa forma por CAMMESA para el año 2017 era 611,1 GWh, mientras que en el Reporte de Sustentabilidad de la empresa indicaban un consumo de 679,2 GWh (11% superior al obtenido por el listado de GU).



se encuentran la topografía, dispersión o densidad habitacional, estándares de tratamiento establecidos por las normativas, etc.

Por otro lado, teniendo en cuenta un valor de referencia (por ejemplo 17,5%⁸⁵) en cuanto a la posibilidad de reducir consumos energéticos en el sector tomando medidas como mejoras en las operaciones de las plantas o cambio de equipos (bombas principalmente) por equipos más eficientes, tendríamos un potencial de ahorro anual estimado entre 170.898 y 343.530 MWh por año, según se tomen como más representativos los datos obtenidos de CAMMESA o la estimación utilizando los indicadores energéticos de AySA para la totalidad del país, respectivamente.

Para efectivizar las disminuciones en el consumo de energía del sector, como fuera mencionado en el párrafo anterior, existen distintos tipos de medidas que podrían tomarse, en función de su complejidad y costo de implementación. Dichas medidas podrían clasificarse en tres categorías:

Categoría	Descripción
I. Acciones de Gestión	Bajo nivel de complejidad tecnológica. Implican cambios en la forma de hacer las cosas, cambios culturales tanto a nivel de la oferta (automatización de procesos, ordenamiento horario, tiempos de respuesta para arreglo de pérdidas en cañerías, sistemas de medición, instrumentación y control, etc.) como de la demanda (campañas de uso responsable del recurso, promoción de tecnologías eficientes, señales tarifarias, etc.).
II. Inversiones Intermedias	Se enfocan, por ejemplo, en estudios y reparación de fugas en grandes conductos por obsolescencia o daño, estudio y control de fugas irregulares o clandestinas. Control de aireación en plantas depuradoras medianas y pequeñas. mejorar la gestión de las aguas de tormenta (sistemas/redes pluviales). Gestionar el agua de lluvias para que no termine en los sistemas de transporte y tratamiento de aguas residuales
III. Cambios Estructurales	Incorporación de energías renovables a fin de complementar la oferta de red para usos auxiliares. Renovación de bombas obsoletas. Reutilización de barro reuso, como biogás para generar electricidad ⁸⁶ . Modificaciones de instalaciones existentes para almacenamiento superficial para aumentar la flexibilidad operacional (seguimiento de picos y cargas), podrían ser diseñadas para retener agua para tratamiento durante horas fuera de los picos.

Todos estos aspectos que vinculan el consumo de energía con el ciclo del agua en términos generales, a su vez, deben ser abordados desde una interpretación de la realidad y las condiciones locales en la República Argentina, para acertar en los diagnósticos y las medidas tendientes a mejoras en la eficiencia energética nacional.

Como se observó previamente en la descripción del sistema hídrico nacional, *los principales desafíos y obstáculos a vencer en la gestión de los recursos hídricos*, incluyendo los sistemas de potabilización de agua y tratamiento de aguas residuales *en Argentina están relacionados con la*

⁸⁵ Ver sección 3.2.6.

⁸⁶ En los últimos años, con el impulso a las energías renovables que se dio en el marco del programa RenovAr, se presentaron varios proyectos para generación eléctrica a partir del biogás obtenido a partir de digestores anaeróbicos de residuos y efluentes con alta carga orgánica. De esta manera, se están fortaleciendo las capacidades nacionales para aprovechar la energía contenida en residuos y efluentes, disminuyendo la huella energética del sector de saneamiento.



forma de uso del recurso y con los aspectos institucionales, legislativos, económicos y financieros en que se desenvuelve su gestión.

En relación con la oferta de agua superficial, el principal desafío es lograr resolver las dificultades y restricciones al aprovechamiento que plantea la irregular distribución geográfica y la fuerte variabilidad estacional. La oferta de agua subterránea, está en algunas regiones limitada por la baja calidad (alto contenido de arsénico y flúor) y potencia de los acuíferos accesibles en ciertas regiones. Esa oferta a su vez está progresivamente condicionada por la contaminación de ríos, lagos y acuíferos por fuentes difusas y concentradas producto de actividades agropecuarias, industriales y urbanas. A ello se agrega la salinización de tierras agrícolas por mal manejo del agua, fenómeno común a todas las áreas de riego.

En relación con los usos del agua sobresalen como desafíos el incremento de la cobertura de servicios de agua potable en condiciones de calidad adecuadas y de saneamiento. En materia de riego hay un bajo aprovechamiento del potencial productivo existente. Es alarmante la baja eficiencia de aprovechamiento y uso del recurso hídrico en todos los sectores y niveles.

Si bien existe aproximadamente un 85% de habitantes que cuentan con un servicio de agua potable en los hogares, resta alcanzar una cobertura universal del servicio, lo cual debería incrementar la demanda del recurso -con su correspondiente consumo de energía- a medida que se vaya disminuyendo el porcentaje que no cuenta con el servicio. En paralelo, si se continúa el sendero actual es esperable también que se incremente la demanda de energía para potabilizar el agua debido a la contaminación de los recursos a utilizar y/o la mejora en los estándares de calidad del agua potabilizada.

Es necesario subrayar también, la correlación que existe entre el consumo de energía, el volumen de agua potabilizada y la baja eficiencia en el sistema de producción, transporte y consumo de agua (se estiman que las pérdidas físicas y comerciales rondan el 40%) o en los usos consuntivos como el riego (también estimado en un 30-40%) de acuerdo a la bibliografía consultada. Cualquier esfuerzo en lograr mejoras en el consumo energético de los procesos de captación, potabilización y transporte de agua potable pueden verse neutralizados si no se avanza en un uso racional del recurso. Es más, observando el potencial de ahorro energético que sería alcanzable por mejoras tecnológicas y procedimentales, una buena estrategia para reducir el consumo energético del sector sería priorizar el uso racional del agua y la disminución de las pérdidas. Si tomamos en cuenta las estimaciones realizadas en la Tabla 26, el subsector correspondiente a agua potable tendría hoy el mayor peso en términos de consumo anual de energía del sector, con aproximadamente 5.061.404 MWh, por lo que si se implementara un programa para reducir las pérdidas físicas y hacer un uso más racional del recurso a un nivel menor los ahorros energéticos podrían ser significativos.

Desde el punto de vista del tratamiento de los efluentes, dado el bajo nivel de tratamiento del que se tiene registro (alrededor del 20% según el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento) y el déficit en la cobertura de las redes colectoras cloacales (aproximadamente un 45% a nivel nacional) existe un gran margen para aplicar las mejoras prácticas tanto desde la planificación de las redes y plantas de tratamiento como en su diseño. En función de las conclusiones de estudios realizados en países con mayor cobertura, desde un punto de la eficiencia energética se debería apuntar a plantas de gran capacidad y con un diseño que tenga la gestión energética desde su planificación incorporando tanto tecnología (por ejemplo, controladores), como el diseño de la operación.

La gestión actual de los recursos hídricos tanto al nivel nacional como al nivel provincial, se caracteriza principalmente por una fragmentación sectorial e institucional. También al interior



de las provincias y entre ellas, se evidencia esa fuerte fragmentación sectorial y falta de articulación interinstitucional. A ello se suman las debilidades de las organizaciones en términos de capacidad de recursos humanos, técnica y operativa, equipamiento y acceso a tecnologías, lo que plantea dificultades severas para el relevamiento de información, la planificación y el ejercicio del poder de policía. No se desarrollan suficientes actividades sistematizadas de planeamiento de los recursos hídricos en forma institucionalizada, tanto en el ámbito nacional como provincial. Los proyectos de desarrollo hídrico no satisfacen procesos informados de decisión que garanticen la sustentabilidad de las acciones que se proponen.

No se efectúa, en forma generalizada, un manejo conjunto de los recursos superficiales y subterráneos, que tome en cuenta, además de la cantidad, la dimensión calidad y sobre todo la protección de los recursos contra las diversas fuentes de contaminación.

No existe un banco de datos y sistema de información integral sobre los recursos hídricos, tanto al nivel nacional como en las provincias, que coordine el acceso a las informaciones existentes, de las distintas jurisdicciones, dé sustento a la gestión y facilite la comunicación. En realidad, no se dispone de una red sino de un conjunto de estaciones de medición con fines sectoriales o locales operados por diversos organismos no coordinados que recogen información sobre los recursos hídricos. La información sobre calidad de las aguas es marcadamente insuficiente. En muchas provincias las capacidades de inspección, mantenimiento y operación de estaciones y de la información son limitadas.

La gestión actual de los recursos hídricos tanto al nivel nacional como al nivel provincial, no cuenta con un sustento legal consistente y coherente en razón del poco o ningún rigor que se otorga al registro público de los derechos de uso, aprovechamiento y descarga de las aguas. La falta de coordinación interinstitucional, e incluso de comunicación e intercambio de informaciones entre las distintas dependencias, genera la superposición de funciones y en ocasiones dilución de responsabilidad.

También al interior de las provincias y entre ellas, se evidencia una fuerte fragmentación sectorial y falta de articulación interinstitucional. A ello se suman las debilidades de las organizaciones en términos de capacidad de recursos humanos, técnica y operativa, equipamiento y acceso a tecnologías, lo que plantea dificultades severas para el relevamiento de información, la planificación y el ejercicio del poder de policía. Estas debilidades institucionales afectan severamente a los municipios, particularmente para el ejercicio de aquellas funciones y poderes que le delega el gobierno provincial en materia de gestión hídrica.

No se desarrollan suficientes actividades sistematizadas de planeamiento de los recursos hídricos en forma sistemática e institucionalizada, tanto en el ámbito nacional como provincial y municipal, aunque existen iniciativas como el Plan Nacional de Agua y Saneamiento (2017)⁸⁷, Plan Nacional de Riego (2018-2030)⁸⁸, Agencia de Planificación (Apla)⁸⁹, que abordan algunas de estas cuestiones.

Por otra parte, la escasa importancia y rigor que, en general, se otorga al registro público de los derechos de uso, aprovechamiento y descarga de las aguas, afecta la seguridad física del recurso por la ausencia o desactualización de registros confiables entre oferta y demanda obstaculizan el desarrollo de una política consistente de aguas.

⁸⁷ <https://www.argentina.gob.ar/interior/plandelagua>

⁸⁸ <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/riego/> .

⁸⁹ <http://www.apla.gob.ar/>.



Si bien existe una ley marco de recursos hídricos⁹⁰ con validez en todo el territorio nacional, su aplicación efectiva es limitada y persisten los conflictos entre jurisdicciones administrativas y usuarios⁹¹.

En general, las tarifas son apenas suficientes para cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de agua y no contemplan el valor económico, social y ambiental del agua. En la mayoría de los casos, la estructura de las tarifas por servicios de agua no contempla adecuadamente aspectos que hacen a la eficiencia y a un adecuado financiamiento de las empresas que los brindan.

Los aspectos institucionales señalados en los párrafos anteriores tampoco pueden ser soslayados dado que, cualquiera sea la estrategia nacional que busque aumentar la eficiencia energética del sector, se deberá trabajar con un gran número de actores y marcos normativos a nivel provincial y municipal.

Es necesario avanzar en generar la información de base para estimar potenciales ahorros en el consumo de energía de aplicarse medidas de eficiencia energética en el sector. Se requiere conocer con mayor precisión la cantidad de plantas potabilizadoras de agua y plantas de tratamiento de aguas residuales con sus respectivas características, así como mejorar los datos estadísticos respecto a los caudales tratados, tecnologías utilizadas, consumos de energía, etc.

Finalmente, un plan nacional de eficiencia energética para el sector de agua y saneamiento deberá también tener en cuenta las distintas realidades regionales dadas las importantes diferencias que se observan en lo hidrológico, en las coberturas de los servicios y en la relación cultural que existe entre los habitantes y el uso de los recursos. Por citar algunos ejemplos: se deberían tener en cuenta las diferencias en la forma en que se prestan los servicios públicos de agua potable (tarifas y micro-medición); en las regiones áridas y semi-áridas habría que poner énfasis tanto en el uso racional del recurso como también en las posibilidades de reúso de las aguas residuales tratadas; y en regiones con problemas de contaminación de las fuentes una estrategia a utilizar también sería trabajar para reducir dichos niveles de contaminantes. **En otras palabras, la reducción en el consumo específico de energía para el sector agua y saneamiento debería abordarse desde una perspectiva más integral del uso del recurso, como se observa en estudios que han comenzado a abordar la temática.**

⁹⁰ Ley Nacional 25.688, establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.

⁹¹ <https://www.cij.gov.ar/nota-28698-Conflicto-R-o-Atuel--la-Corte-orden--a-las-provincias-de-La-Pampa-y-Mendoza-la-presentaci-n-de-un-programa-de-obras-con-la-participaci-n-del-Estado-Nacional.html>.



ANEXO I. Recursos Hídricos en Argentina

A continuación, se amplía la información acerca de los recursos hídricos en la República Argentina, con extractos del documento Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina⁹².

A.1. DISPONIBILIDADES DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ARGENTINA

A.1.1. Disponibilidades de los recursos hídricos relacionadas con el clima

Desde el punto de vista climático, el territorio nacional tradicionalmente se divide en tres regiones características: húmeda, semiárida y árida. La traza de las isohietas anuales de 500 y 800 mm establecen los límites interiores de esas tres regiones climáticas: húmeda (mayor de 800 mm), semiárida (500 a 800 mm) y árida (menor de 500 mm). Ello brinda una síntesis, a escala global nacional, de la variedad de climas que resultan de la gran extensión y ubicación del territorio, la diversidad de relieves y las consecuentes variaciones de humedad y temperatura.

Por ejemplo, el rango de precipitaciones medias anuales varía desde menos de 50 mm en ciertas regiones de las provincias de San Juan y La Rioja, supera los 2000 mm en la región subandina del Noroeste y en la región de la Selva Misionera, en el Noreste y llega hasta los extremos excepcionales de 5.000 mm en los bosques andino-patagónicos.

La interacción de frentes fríos provenientes del sur con las masas de aire húmedo que ingresan desde la región del Atlántico al este del País, determina básicamente el régimen de precipitaciones en la región pampeana y noreste. La presencia de sistemas orográficos determina el régimen de precipitaciones en las otras zonas del noroeste y sur del País. Las barreras orográficas también intervienen en la acumulación y posterior fusión del almacenamiento nival, determinando el régimen pluvionival característico de los ríos de la zona cordillerana.

En efecto, en los ríos del norte y noroeste, alimentados por lluvias, los caudales máximos ocurren en verano, en coincidencia con el período de mayores precipitaciones. Los cursos que descienden del sector andino central, abastecidos por la nieve acumulada en la Cordillera, presentan crecidas durante la primavera y el verano.

Los ríos patagónicos tienen una alimentación mixta: dependen tanto de las lluvias invernales originadas en las corrientes del Pacífico como del aporte nival. Esto hace que su régimen muestre dos ondas de crecida, una de invierno y otra de primavera - verano. La excepción es el río Santa Cruz, cuya alimentación dominante es de ablación glaciar, presentando en consecuencia una sola onda en verano - otoño y estiajes en invierno - primavera.

También corresponde destacar las influencias que sobre el escurrimiento superficial ejercen las extensas superficies lacustres de muchas cuencas patagónicas que, con su gran capacidad de almacenamiento, atenúan las irregularidades de las descargas.

A la variación estacional muy pronunciada en algunas áreas, que concentra un alto porcentaje de la precipitación en unos pocos meses, se suma una alta variabilidad interanual, en muchos casos incrementada por los fenómenos climáticos globales como el de la Corriente del Niño, que provoca problemas de sequías e inundaciones según las regiones.

La región húmeda, con más de 800 mm de precipitación y una superficie de 665.000 km² (24 % de la superficie total), concentra cerca del 70% de la población (40 hab/km²) el 80 % del valor de la producción agropecuaria y el 85 % de la actividad industrial así como lo esencial de la infraestructura de servicios del país. La agricultura es esencialmente de secano; sin embargo, se ha observado un fuerte desarrollo del riego complementario. Comprende la región Noreste, Litoral y de la Pampa Húmeda, la zona de la Selva Tucumano Oranense (Región de Las Yungas) en el Noroeste y de los Bosques andino patagónicos, en el suroeste.

⁹² Calcagno, A., Mendiburo, N. y Gaviño Novillo, M. World Water Vision, 2000.



Limitada por las isoyetas 500 mm al oeste y 800 mm al este, la región semiárida ocupa 405.000 km² (15% del total del País) con 28 % de la población (densidad de 23 hab./km²). Por presentar importantes déficits hídricos durante gran parte del año, el riego es igualmente indispensable para el desarrollo de ciertos cultivos. Abarca una faja predominantemente central del País al norte del Río Colorado.

La región árida ocupa 1.710.000 km² (61% del total del País) y se sitúa al oeste de la isoyeta 500 mm hasta cerca de las estribaciones de la cordillera de los Andes. La población asentada representa solamente el 6% de la población nacional (densidad de 1,1 hab./km²). Las explotaciones agrícolas necesitan un riego integral. Su desarrollo es por lo tanto función de la disponibilidad de agua y de la aptitud del suelo (BIRF, 1995). Comprende la mayor parte de la región Noroeste y Centro Oeste del país, así como de la región Patagónica, hasta la Isla de Tierra del Fuego, inclusive.

Se desprende que el 61 % del territorio nacional se encuentra bajo condiciones de aridez y semiaridez, lo que enfatiza la importancia de una gestión integrada y sustentable de los recursos hídricos.

A.1.2. Disponibilidades de recursos hídricos superficiales:

La distribución de los recursos hídricos superficiales ha impreso una característica distintiva a la ocupación del espacio, dando como resultado que esta sea más intensa en el litoral húmedo, asiento de una importante red fluvial. En cambio, en las regiones con red de drenaje menos desarrollada y precipitaciones inferiores a 500 mm al año, la posibilidad de radicación humana y de desarrollo de las economías regionales está muchas veces subordinadas a la disponibilidad de napas subterráneas o al almacenamiento de aguas pluviales para usos restringidos. Cuando existen las condiciones apropiadas, la situación conduce al mejor aprovechamiento de los recursos mediante embalses y canalizaciones.

La Tabla A.1 presenta los caudales característicos de los principales ríos de la Argentina, según las vertientes y sistemas hidrográficos identificados. El mismo permite apreciar la potencialidad de los distintos sistemas fluviales considerados, en términos del caudal medio del período, la estacionalidad del régimen, en la forma de los caudales medios mensuales promedio máximo y mínimo y su amplitud en relación con los caudales diarios máximo y mínimo absolutos del período. Los datos corresponden a alguna de las estaciones de medición más representativas de cada cuenca considerada.

Tabla A-1. Caudales característicos de algunos de los principales ríos en Argentina

SISTEMA	RIO	ESTACION	SUPERFICIE Km ²	PERIODO	CAUDAL				
					MEDIO	MEDIO MENSUAL		MEDIO DIARIO	
						MÁXIMO	MINIMO	MÁXIMO	MINIMO
Uruguay	Uruguay	Garabi	115.700	1930-1994	2.659	14.412	94,9	31.205	33,1
Paraná / Paraguay	Paraná	Posadas	975.375	1902/1994	12.228	39.009	4.062	53.227	3.906
	Paraguay	Pto. Bermejo	1.100.000	1911/1994	3.770	9.957	584	10.574	412
	Bermejo	Zanja del Tigre	25.000	1941/1994	344	3.488	31,0	10.714	17,0
	San Juan	Km 101	18.348	1972/1994	53,4	368	16,8	562	16,0
	Mendoza	Punta de Vacas	3.050	1941/1994	34,6	230	8,00	321	5,00
	Diamante	Los Reyunos	4.150	1918/1977	34,8	190	10	255	8,00
	Colorado	Buta Ranquil	15.300	1940/1994	148	778	39,0	1.053	30,0
Río Negro	Neuquén	Paso de los Indios	30.843	1904/1994	313	1155	36,0	5.063	32,0
	Limay	Paso Limay	26.400	1904/1990	736	2.628	72,0	4.865	69,0
	Negro	Primera Angostura	95.000	1928/1994	858	2.892	90,0	3.405	75,0
Chubut	Chubut	Los Altares	16.400	1944/1994	47,4	226	4,10	496	3,99
Santa Cruz	Santa Cruz	Charles Fuhr	15.550	1956/1994	697	2.030	134	2.520	180
Pacífico	Futaleufú	Embalse	4.608	1977/1994	262	862	75,0	1.922	16,0

Fuente: Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina.



A.1.3. Disponibilidades de recursos hídricos subterráneos

En Argentina se hace un uso importante de las aguas subterráneas, particularmente donde sus características, mayor estabilidad temporal, flexibilidad de uso y mejores condiciones de calidad del agua favorecen su explotación. Algunos estudios estiman que un 30 % del agua promedio extraída en el ámbito nacional para los distintos usos proviene de fuentes subterráneas. En el caso del riego en las regiones áridas y semiáridas, las reservas de agua subterránea cumplen un rol esencial al asegurar una regulación plurianual de los recursos y permiten superar periodos de sequía, como el registrado en el periodo 1967/1972.

Contrasta con esa importancia, el que, no obstante disponerse de un conocimiento general de los aspectos geomorfológicos e hidrológicos, la evaluación del recurso en cada una de las principales regiones hidrogeológicas es insuficiente, dada la escasez de relevamientos y estudios sobre la potencialidad y calidad de los acuíferos, salvo en algunos oasis de riego que dependen fuertemente de ese recurso, como en Mendoza y San Juan.

El uso de los acuíferos subterráneos como fuente está estrechamente relacionado con la disponibilidad de recursos superficiales, y en algunos casos, su aprovechamiento para determinados usos como el consumo humano, está limitado por la calidad de los reservorios (exceso de flúor o arsénico). En ese sentido adquieren una importancia especial en las regiones áridas y semiáridas, donde existen importantes cuencas aun insuficientemente evaluadas y, por tanto, aprovechadas.

En los últimos años, sin embargo, se advierte la tendencia a una mayor utilización, derivado por una parte de los problemas de disponibilidad y calidad que se están registrando en las fuentes superficiales, y por otra, de una mayor actividad en los procesos industriales en áreas con insuficientes fuentes superficiales, como los de la actividad petrolífera y minera. Entre ellas se pueden mencionar los valles intermontanos de la Puna, Oeste de Catamarca y La Rioja, zona central de San Juan y Mendoza.

A pesar del papel estratégico de las aguas subterráneas en el manejo de los recursos hídricos del país, no se dispone, salvo en algunas áreas específicas, de una verdadera gestión integrada agua superficial / agua subterránea y sobre todo, se ha descuidado la protección de los acuíferos.

A.2 LAS VERTIENTES Y CUENCAS HIDROGRÁFICAS NACIONALES E INTERNACIONALES DEL PAÍS.

Globalmente la Argentina dispone de una oferta hídrica media anual por habitante sumamente importante superior a los 22.500 m³/hab⁹³, muy por encima del umbral de stress hídrico adoptado por el PNUD equivalente a una disponibilidad de 1000 m³/hab. No obstante, la distribución de la oferta es muy irregular, por lo que en varias provincias de la región árida la disponibilidad de agua se ubica bien por debajo de ese valor. Así, dos tercios de la superficie del País se encuentra bajo condiciones climáticas áridas o semiáridas.

Ese fuerte contraste y la visión distorsionada del “potencial hídrico” que pueden tener en consecuencia observadores externos e internos al País, resulta de las diferencias significativas de oferta que exhiben las distintas vertientes, regiones y cuencas hidrográficas del País, las que a su vez se reflejan en las muy diversas condiciones ambientales (biogeofísicas y socioeconómicas) que ofrece el territorio. En conjunto determinan y condicionan la gestión de los recursos hídricos en las distintas regiones.

La Tabla A.2, que describe las características principales de los principales sistemas hidrográficos agregados del País, permite corroborar esa afirmación.

Allí se puede apreciar que el Sistema de la Cuenca del Plata, concentra más del 85% del derrame total medido. Por su mayor oferta hídrica la región asociada al Sistema del Río de la Plata, motiva la mayor concentración de población, desarrollo urbano y actividad económica. Los recursos hídricos de los ríos Bermejo, Paraná, Paraguay y Uruguay que forman parte de ese Sistema, son compartidos con los países

⁹³ Considerando una población total estimada para el año 1998 de 36,1 millones de habitantes (Base INDEC, 1991).



límites⁹⁴, los que junto con la Argentina integran la Cuenca del Plata, una de las principales cuencas hídricas internacionales del mundo.

Tabla A-2. Resumen de aportes por vertiente y sistema.

SISTEMA	CAUDAL MEDIO		DERRAME	AREA APORTE	CAUDAL ESPECIFICO
	m ³ /seg.	%			
VERTIENTE ATLÁNTICA					
Del Plata ^(a)	22.031	85.27	694.770	3.092.000	7.1
Pcia. de Buenos Aires	147	0.57	4.636	181.203	0.8
Del Colorado	319	1.24	10.060	92.840	3.4
Patagónicos	1941	7.52	61.211	356.033	5.5
Subtotal	24438	94.6	770.677	3.722.076	
Promedio					6.5
VERTIENTE PACIFICA					
Varios	1.212	4.69	38.222	33.455	36.2
ENDORREICAS					
Independientes ^(b)	42.	0.16	1.325	248.871	0.2
Mar Chiquita	114	0.44	3.595	22.030	5.2
Serrano	24	0.09	757	26555	0.9
Pampeano	6	0.02	189	600	10.0
Subtotal	186	0.71	5866	298.056	
Promedio					0.6
Total	25836	100	814.764	4.053.587	
Promedio					6.4

i) El caudal medio incluye el 100% del caudal del río Uruguay y la superficie consignada es el total de la cuenca de aporte. En territorio nacional esta última es 918.00 km²

ii) No incluye arroyos de la Puna.

Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. INCYTH-UNESCO, 1994.

Fuente: Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina.

Fuera del Sistema del Plata, los ríos más importantes de Argentina son los que, teniendo sus nacientes en la zona cordillerana de Los Andes, desaguan en el Océano Atlántico, disectan las áridas estepas patagónicas y actúan como corredores fluviales de gran importancia económica y ecológica. En estos ríos se han desarrollado sistemas de embalse para generación de energía eléctrica y regulación de crecidas, e irrigación. A su vez se ubican los más importantes asentamientos poblacionales de la región sur del País. El aporte total de la vertiente atlántica, que incluye al de la Cuenca del Plata, suma casi el 95 % de la oferta superficial total del país.

En términos de riqueza hídrica relativa, los sistemas fluviales de la vertiente pacífica son los que exhiben el mayor caudal específico, que alcanza a unos 36,2 l/seg.km², muy superior al promedio de 6.4 l/seg.Km² en el ámbito de país. Vastas regiones de la zona árida y semiárida, del orden del 15 % de la superficie total, corresponden a cuencas sin derrame al mar con una contribución menor al 1 %.

A.2.1. Cuenca del Plata

⁹⁴ Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay.



Esta cuenca, una de las más grandes del mundo con 3.1000.000 Km² se extiende sobre territorios de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. En ella vive el 75% de la población del País, es el asiento de las principales actividades productivas y de los mayores centros urbanos. Incluye íntegramente las Provincias de Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Chaco y porciones de Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Santa FJ, Córdoba y Buenos Aires.

Las cuencas principales del sistema son las de los ríos Paraná, Uruguay, Paraguay, Bermejo y Pilcomayo; otras cuencas menores, como las del Iguazú, de los ríos de Entre Ríos, del Pasaje-Juramento-Salado y del Carcarañá, completan dicho sistema.

Todos los ríos que lo integran son de alimentación pluvial, con precipitaciones distribuidas a lo largo del año que oscilan entre 2000 mm al este de la cuenca y 700 mm en su ángulo noroeste.

Los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y del Plata se utilizan para navegación, abastecimiento de agua para uso humano, uso industrial, pesca, recreación, y como receptores de efluentes domésticos e industriales. De los ríos Paraná y Uruguay se bombea agua para irrigación de arrozales y, en época de sequía, para completar la dotación de otros cultivos. Sobre ambos ríos existen importantes aprovechamientos energéticos que utilizan sólo parcialmente su capacidad potencial.

Cabe señalar que el río Paraná es en la Argentina la principal vía navegable y ha ejercido una influencia decisiva en las distintas etapas del poblamiento y ocupación del territorio. Como vía de penetración de la conquista española primero, como radicator de población y actividades generadoras de riqueza después, y como componente básico en la circulación de productos y personas en la región.

En conocida, por otra parte, la importancia económica - social que el eje industrial y de asentamientos humanos del Paraná tiene en el ámbito nacional.

A.2.2. Cuencas de la vertiente atlántica

Las cuencas con desagüe al Océano Atlántico se extienden en el oeste, centro y sur del País desde las divisorias de agua de los Andes hasta la costa Atlántica. Comprenden parte de las Provincias de La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis, Neuquén, Río Negro, La Pampa, Buenos Aires, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

Sus principales ríos son San Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, Colorado, Negro, Chubut, Senguer, Deseado, Chico, Santa Cruz, Coig, Gallegos y los de Tierra del Fuego. Los cinco primeros son de alimentación nival, el Santa Cruz, glacial, y el resto pluvionival.

Corresponde a zonas menos húmedas que las de la cuenca del Plata, las precipitaciones no superan los 400 mm al año, a excepción del sudeste de la Provincia de Buenos Aires y del sector cordillerano de los bosques andino patagónicos, donde se originan grandes ríos como el Negro y el Santa Cruz.

Todos los ríos nacen en la Cordillera de los Andes y aumentan su caudal con el derretimiento de la nieve; en general, atraviesan gran parte de la zona árida y semiárida sin recibir aportes de importancia.

Por la magnitud de sus derrames anuales, se destacan el río Negro, con 31.000 millones de m³ y el Santa Cruz, con 22.000 millones de m³. El primero es así el más importante de los que se desarrollan íntegramente en territorio argentino.

Dada la característica climática de la región, el riego es imprescindible para el desarrollo de la agricultura. Precisamente una de las más importantes áreas de riego del país, con 600.000 hectáreas, tiene su asiento en esta región.

La potencialidad hídrica de la vertiente atlántica se advierte también en el emplazamiento de importantes obras hidroeléctricas.



A.2.3. Cuencas de la vertiente del Pacífico

Las cuencas que integran este agrupamiento se localizan en la cordillera andino patagónica en el límite internacional con Chile. A pesar de su reducida superficie relativa, su riqueza hídrica es relevante, alcanzando 1100 m³/seg., que representa algo menos del 5 % del escurrimiento total.

Los ríos principales, que nacen en los valles transversales son: Manso, Puelo, Futaleufú, Carrenleufú y Pico. El más importante es el Futaleufú, con un derrame anual de 9.500 millones de m³.

En la forma de alimentación de los ríos tiene gran influencia la orografía, que determina la variabilidad de las precipitaciones en muy cortas distancias. Así, mientras al norte de los 42º S llueve de 400 a 2.500 mm anuales, al sur de dicha latitud las precipitaciones varían entre 200 y 800 mm.

La población asentada en el área es escasa, y el principal aprovechamiento de los ríos es el hidroenergético. La presencia de lagos y bosques en estas cuencas constituye, por otra parte, una oportunidad para el aprovechamiento turístico, que tiene gran importancia.

A.2.4. Cuencas sin desagüe al océano

En el centro y noroeste del país, y en grandes superficies de la meseta patagónica y llanura pampeana, existen extensas áreas sin derrame al océano, si bien correspondería calificarlas como áreas sin drenaje superficial, ya que se trata de vastas planicies que carecen de cursos colectores de lluvias.

La superficie total de estas cuencas se estima en 800.000 Km², que representa algo menos del 30 % del territorio, siendo su derrame anual del orden de los 6.000 millones de m³. Con relación al total nacional, estas cuencas disponen alrededor del 1 % de los recursos hídricos superficiales.

De lo anterior se desprende que en el área el agua adquiere una gran relevancia económica y social, estimulando la construcción de obras de aprovechamiento para consumo, riego y producción de energía.

Los ríos de mayor caudal son el Salí-Dulce, con 2.500 millones de m³ de derrame anual, y los ríos Primero y Segundo, que suman alrededor de 300 millones de m³ al año.



BIBLIOGRAFIA

- ✓ AWWA Research Foundation. *Energy Index Development for Benchmarking Water and Wastewater Utilities*.
- ✓ AySA Reporte de Sustentabilidad 2018.
- ✓ Calcagno, A., Mendiburo, N. y Gaviño Novillo, M. 2000. *World Water Vision*.
- ✓ California's Water-Energy Relationship, Report 77
- ✓ Cámara Argentina de la Construcción, Área de Pensamiento Estratégico. *Construir 2030, Pensando el Futuro 2020-2029*.
- ✓ Carlson y Walburger, 2007. *AWWA publicado en 2007*.
- ✓ Chequeado.com. *Informe sobre evolución de cobertura de redes de agua potable y saneamiento*.
- ✓ Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento. (2017). *Plan Nacional de Agua y Saneamiento*.
- ✓ Electric Power Research Institute (EPRI). 2000.
- ✓ Ente Regulador de Agua y Saneamiento, ERAS. Gerencia de Benchmarking. *Informe Anual del Año 2018 (con datos del año 2017)*.
- ✓ Ferrer Polo J., Aguado García D., et al. Fundación Canal. (2016). *Huella Energética en el Ciclo Integral del Agua en la Comunidad de Madrid*.
- ✓ Ferro, Gustavo y Lentini, Emilio J. (2015). *Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado*. Series Recursos Naturales e Infraestructura de CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/37630>.
- ✓ Gobierno de España, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Estudio de Prospectiva, Consumo Energético en el sector del agua*.
- ✓ Gobierno de España, Secretaría de Estado de Energía. *La energía en España*, 2015. p. 39.
- ✓ Hardy L., Garrido A., Juana L., (2012). *Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus*.
- ✓ Hardy, Laurent y Garrido, Alberto. (2012). *Challenges and Opportunities Related to the Spanish Water Energy Nexus, Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*
- ✓ *Huella Energética en el Ciclo Integral del Agua en la Comunidad de Madrid*.
- ✓ INCYTH-UNESCO. (1994). Balance Hídrico de la República Argentina.
- ✓ INDEC. 2011-2015. *Censo Nacional de Población y Viviendas, EPH (Aglomerados) y Encuesta Anual de Hogares Urbanos (EAHU) – Total Urbano*.
- ✓ Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina.
- ✓ Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE). *Estudio de Prospectiva. Consumo energético en el sector del agua*.
- ✓ <https://www.iea.org/countries/brazil>.
- ✓ Klein G et. al. California Energy Commission. (2005). *California's Water-Energy Relationship, Final Staff Report*.
- ✓ LBL, 2000.
- ✓ Martínez F.J. (2011). *Estudio de la huella energética del abastecimiento urbano de agua de la provincia de Almería*.
- ✓ Murgui M., Cabrera E., Pardo M. (2009). *Estimación del consumo de energía ligado al uso del agua en la ciudad de Valencia*.
- ✓ Presidencia de la Nación, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda; Secretaría de Obras Públicas, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, Dirección Nacional de Agua potable y Saneamiento. (2017). *Cobertura Universal y Sostenibilidad de los Servicios. Lineamientos y Principales Acciones*. Segunda versión, junio de 2017.
- ✓ Presidencia de la Nación, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, Agua y



- Saneamiento, AySA. *Reporte de Sustentabilidad de 2017 y 2018*.
- ✓ Presidencia de la Nación. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible, Informe País Argentina*, versión abreviada.
 - ✓ Rainaudo, Martín. Asociación de Productores de Siembra Directa (Aapresid). *Informe de evolución de Siembra Directa en Argentina, Campaña 2018/2019*.
 - ✓ Sala L. (2007). *Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava*.
 - ✓ The United Nations. *Water and Energy. World Water Report*.
 - ✓ U.S. Energy Information Administration. *Annual Energy Review 2007*. (p. 260).
 - ✓ WateReuse Research Foundation. *Implications of Future Water Supply Sources for Energy Demands*.
 - ✓ Wilkinson, Robert, Dr. University of California, Santa Bárbara and Davis, Martha, IEUA. *Environmental studies program*.



 **EFICIENCIA
ENERGÉTICA**
EN ARGENTINA

eficienciaenergetica.net.ar
info@eficienciaenergetica.net.ar

Proyecto financiado por
la Unión Europea

