



AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE

NÚCLEO SOCIO-PRODUCTIVO ESTRATÉGICO RECURSOS HÍDRICOS



DOCUMENTO DE REFERENCIA



ARGENTINA
INNOVADORA 2020

PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

RECURSOS HÍDRICOS

Julio de 2012

Este documento fue elaborado por el Ing. Víctor Pochat. Se trata de un material técnico para facilitar el trabajo de la Mesa de Implementación. Las opiniones expresadas en este documento pueden no coincidir con la posición que finalmente asuma el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. RECURSOS HÍDRICOS. PANORAMA MUNDIAL | 6 |
| 2.1. El agua y los asentamientos humanos en un mundo cada vez más urbanizado | 8 |
| 2.2. El agua y la salud humana..... | 9 |
| 2.3. El agua para la alimentación, la agricultura y los medios de vida rurales | 9 |
| 2.4. Agua e industria | 10 |
| 2.5. Agua y energía | 10 |
| 2.6. Gestión de los riesgos | 11 |
| 2.7. Compartir el agua..... | 11 |
| 3. RECURSOS HÍDRICOS. PANORAMA NACIONAL | 12 |
| 3.1. Aspectos energéticos y productivos..... | 13 |
| 3.2. Calidad del agua | 15 |
| 3.3. Uso de los recursos hídricos..... | 16 |
| 3.4. Fenómenos extremos | 19 |
| 3.5. La vulnerabilidad al cambio climático | 19 |
| 4. PRINCIPALES TEMATICAS A ABORDAR..... | 20 |
| 4.1. Agua potable y saneamiento | 21 |
| 4.1.1. <i>Sistemas para potabilización</i> | <i>21</i> |
| 4.1.2. <i>Tratamiento de líquidos residuales domésticos y urbanos.....</i> | <i>26</i> |
| 4.2. Agua e industria..... | 26 |
| 4.2.1. <i>Reducción del consumo de agua</i> | <i>26</i> |
| 4.2.2. <i>Reducción de las cargas contaminantes</i> | <i>29</i> |
| 4.2.3. <i>Tratamiento de residuos industriales</i> | <i>30</i> |
| 4.3. Agua y agricultura | 31 |
| 4.3.1. <i>Reducción del consumo de agua para riego</i> | <i>31</i> |
| 4.3.2. <i>Técnica del riego deficitario</i> | <i>31</i> |
| 4.3.3. <i>Salinización de suelos</i> | <i>32</i> |
| 4.3.4. <i>Huella hídrica.....</i> | <i>32</i> |
| 4.3.5. <i>Contaminación por el uso de fertilizantes y pesticidas</i> | <i>33</i> |
| 4.4. Agua y naturaleza. Manejo de cuencas..... | 33 |
| 4.4.1. <i>Manejo de cuencas</i> | <i>33</i> |
| 4.4.2. <i>Gestión de eventos extremos (inundaciones y sequías)</i> | <i>34</i> |

1. INTRODUCCIÓN

El diseño del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (en adelante denominado “el Plan”) llevado a cabo durante el año 2010 permitió identificar una serie de temáticas que requieren de un fuerte impulso en materia de políticas públicas para el sector.

Este trabajo responde a una de las dos estrategias de intervención previstas por el Plan, la estrategia de focalización, la cual implica una conceptualización novedosa para las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), que supone la identificación de oportunidades de intervención en entornos territoriales específicos a partir de la articulación de Tecnologías de Propósito General (TPG) con sectores productivos de bienes y servicios, en lo que se define como Núcleos Socio Productivos Estratégicos (NSPE). Las TPG incluidas, sin negar la importancia de otras tecnologías que son centrales para el desarrollo de las distintas actividades en varias regiones del país, son biotecnología, tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y nanotecnología. Los sectores seleccionados fueron agroindustria, ambiente y desarrollo sustentable, desarrollo social, energía, industria y salud.

Este abordaje se orienta a aprovechar las potencialidades que ofrecen las TPG para generar saltos cualitativos en términos de competitividad productiva, mejoramiento de la calidad de vida de la población y posicionamiento en términos de tecnologías emergentes y desarrollos tecnológicos esperables en el mediano y largo plazo.

Existen varios ejemplos en Argentina que muestran cómo aplicaciones de las TIC y de la biotecnología han redundado en mejoras de la capacidad productiva, de gestión, de eficiencia y de la sustentabilidad ecológica en varios sectores económicos. Por su parte, la nanotecnología es un área considerada como la de mayor potencialidad dentro del nuevo paradigma tecnológico, por lo que ofrece una ventana de oportunidad para países en vías de desarrollo como la Argentina, en la medida en que los cambios en la estructura productiva mundial abren un espacio para los “nuevos jugadores”. Al respecto, esta tecnología sobresale por el camino relativamente corto entre la innovación y la producción y por la posibilidad de patentamiento y disminución de la dependencia tecnológica.

La política sectorial de los NSPE está dada en el Plan por áreas prioritarias de considerable amplitud y heterogeneidad interna que contribuyen significativamente al desarrollo de las distintas regiones del país y que, asimismo, brindan mayores oportunidades de consolidar un entramado de actores e instituciones que puedan dar respuestas a las demandas de la sociedad aplicando soluciones surgidas de las actividades de CTI.

En este sentido, la programación para el período 2012-2015 ha previsto la organización de Mesas de Implementación con la participación de los actores relevantes del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) para cada uno de los NSPE, para la discusión y validación de los cursos de acción previstos por el Plan, en un trabajo mancomunado que permita proyectar las

actividades a desarrollar, los resultados a lograr y la inversión a realizar en los próximos años. Uno de estos Núcleos es “Agua: manejo de recursos hídricos”, identificado en el transcurso de la Mesa de Trabajo de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Finalmente, los resultados de este trabajo quedarán plasmados en un Plan Operativo que contendrá las acciones que el MINCYT implementará para impulsar y fortalecer esta temática.

El NSPE “Agua: manejo de recursos hídricos”, de ahora en adelante denominado “Recursos hídricos”, comprende las tecnologías para el manejo adecuado de recursos hídricos, marinos y continentales. Apunta tanto a aprovechar capacidades subutilizadas como no utilizadas de los recursos hídricos a través del desarrollo e implementación de tecnologías que preserven calidad y disponibilidad y brinden acceso a los mismos.

2. RECURSOS HÍDRICOS. PANORAMA MUNDIAL¹

Los recursos hídricos deben responder a múltiples demandas: agua potable, higiene, producción de alimentos, energía y bienes industriales, y mantenimiento de los ecosistemas naturales. Sin embargo, los recursos hídricos son limitados y están inapropiadamente distribuidos. Esto complica la gestión del agua y, sobre todo, las labores de los responsables de la toma de decisiones, que han de afrontar el desafío de gestionar y desarrollar de forma sostenible unos recursos sometidos a las presiones del crecimiento económico, el gran aumento de la población y el cambio climático.

Durante los últimos años, la comunidad internacional ha tomado mayor conciencia de la necesidad de desarrollar prácticas sostenibles para la protección, la gestión y el uso eficiente de los recursos hídricos. Las unidades naturales, como las cuencas fluviales y los sistemas acuíferos, se reconocen y adoptan cada vez más, como unidades básicas en los programas nacionales y regionales.

Sin embargo, la combinación de diversas presiones económicas, ambientales y sociales tienen, a menudo, por consecuencia un incremento del uso del agua, de la contaminación y de la ineficacia en el abastecimiento de agua. Esto se debe a que, prácticamente a todos los niveles, la toma de decisiones sigue atendiendo a consideraciones económicas y políticas a corto plazo, sin considerar una visión a largo plazo indispensable para implantar medidas de desarrollo sostenible. Para que los recursos hídricos sigan ofreciendo una serie de valiosos y beneficiosos servicios, tendrá que aumentar el nivel de conciencia y compromiso con el desarrollo y mantenimiento de enfoques integrados y de soluciones a largo plazo.

¹ Adaptado de: Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), 2006. El agua, una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Resumen Ejecutivo.

Con el objeto de establecer estrategias de prevención y protección adecuadas, los roles y las interacciones entre los componentes del ciclo hidrológico deben valorarse en su justa medida. El clima, especialmente las precipitaciones y la temperatura, es el factor que más influye sobre los recursos hídricos, al interactuar con las masas de tierra, los océanos y la topografía.

Los cambios en el paisaje, o la eliminación, destrucción o inutilización de los ecosistemas naturales, son los factores de mayor impacto sobre la sostenibilidad de los recursos hídricos naturales. La deforestación, la urbanización y el aumento de las superficies destinadas a la agricultura, influyen de forma significativa en la calidad y cantidad de los caudales de agua.

La mala calidad del agua y un abastecimiento no sostenible frenan el desarrollo económico, y pueden tener efectos negativos sobre la salud y los medios de vida. En la actualidad, se es relativamente capaz de reconocer los impactos de la contaminación y el uso excesivo de las aguas superficiales y subterráneas sobre la calidad y cantidad del recurso. Se trata, por tanto, del momento preciso para crear programas específicos con el fin de reducir dichos impactos.

Poder afrontar la demanda creciente de agua supone contar con soluciones específicas a problemas particulares. ¿Cómo compensar la variabilidad natural del ciclo hidrológico para que el recurso esté disponible de forma continua? o ¿Cómo superar los problemas derivados de una disponibilidad reducida de agua, tanto en cantidad como en calidad, consecuencia de los impactos humanos y del desarrollo? Las estrategias de prevención y las nuevas tecnologías capaces de aumentar los recursos hídricos naturales existentes, reducir la demanda y mejorar la eficiencia, forman parte de la respuesta frente a la carga creciente que soportan los recursos hídricos de que se dispone.

En el pasado, se optó por soluciones tales como el almacenamiento de la escorrentía en embalses, los trasvases desde zonas ricas en agua a regiones con escasez hídrica o la extracción de recursos de los acuíferos. Para poder satisfacer la demanda actual y futura de agua, también se debería prestar más atención a enfoques tales como el uso innovador de las fuentes de agua naturales o las nuevas tecnologías. Los recursos hídricos no convencionales, derivados de la reutilización o la desalinización del agua, se utilizan cada vez con más frecuencia. Las nuevas tecnologías, entre las que se encuentra la recarga artificial, son también más habituales. La captación de agua de lluvia en el propio lugar donde tienen lugar las precipitaciones es otro de los métodos utilizados para incrementar la disponibilidad de fuentes de agua naturales.

Los enfoques de reducción de la demanda de agua y de mejora de la eficiencia deberían formar parte integral de la gestión moderna de los recursos hídricos. En la mayoría de los climas áridos afectados por la escasez de agua, existen tradiciones ancestrales para conservar el agua. Éstas se han mantenido o han sido reforzadas por prácticas de gestión de la demanda basadas en la eficiencia.

Los ecosistemas de agua dulce sanos son fundamentales para preservar la biodiversidad y el bienestar humano. La seguridad alimentaria, así como toda una serie de bienes y servicios ambientales, dependen de los ecosistemas de agua dulce. La biodiversidad de los ecosistemas de agua dulce es sumamente rica, con un alto nivel de especies endémicas, pero es también muy sensible a la degradación ambiental y a la sobreexplotación. Estos ecosistemas encierran hábitats altamente productivos que contienen una proporción significativa de agua dulce: lagos, ríos, humedales y planicies de inundación, arroyos, lagunas, manantiales y acuíferos.

Existe una amplia gama de condiciones y parámetros en torno al agua que determinan la salud de las comunidades. En el ámbito doméstico, ya sea en zonas urbanas o rurales, se hace especial hincapié en la falta de acceso a cantidades suficientes de agua potable y a un saneamiento adecuado, y en el fomento de hábitos de higiene. Todos estos factores son importantes para frenar la transmisión de enfermedades infecciosas, que siguen dominando la carga global de enfermedades relacionadas con el agua. Sería posible combatir muchas de las enfermedades relacionadas con el agua favoreciendo un acceso universal al agua potable, y a prácticas adecuadas de saneamiento, higiene y gestión del agua. Por otra parte, la contaminación química de las aguas superficiales, principalmente debido a vertidos industriales y agrícolas, constituye también un gran riesgo para la salud.

2.1. El agua y los asentamientos humanos en un mundo cada vez más urbanizado

En todo el mundo se ha registrado una importante tendencia hacia el crecimiento de la población urbana. Los retos que suponen la expansión de muchas ciudades y megalópolis surgen a partir de la escasa aptitud de las tierras destinadas a los asentamientos humanos, algo muy habitual en el mundo en desarrollo. Las tierras más aptas para los asentamientos ya están ocupadas, mientras que el resto, normalmente ocupadas por personas de bajos recursos y nuevos inmigrantes, se sitúan, generalmente, en las partes inferiores de los valles, donde hay mayor riesgo a inundación o en las laderas colindantes propensas a sufrir deslizamientos de tierras.

Estas áreas son lugares donde también resulta más complicada y costosa la instalación de servicios básicos como el agua potable o el saneamiento. El problema se agrava debido al aumento de las tasas de población, que sobrepasan, en gran medida, la capacidad de absorción de estas comunidades, puesto que las infraestructuras necesarias para atender a los nuevos inmigrantes no se pueden construir en plazos de tiempo tan breves. Los asentamientos humanos son los principales contaminadores de los recursos hídricos, por lo que la buena gestión del agua y de las aguas residuales es esencial para reducir la contaminación y minimizar los riesgos para la salud.

Además, y puesto que las industrias tienden a concentrarse en las ciudades o en su entorno, son necesarias más medidas para frenar la contaminación, y establecer y mantener sistemas eficaces y seguros de potabilización del agua y de recolección de residuos. Esto resulta esencial para asegurar la salud de la población, sobre todo la de los habitantes de las grandes urbes.

2.2. El agua y la salud humana

El estado de la salud humana está estrechamente vinculado a toda una serie de condiciones relacionadas con el agua: potabilidad, saneamiento adecuado, reducción de la carga de enfermedades relacionadas con el agua y existencia de unos ecosistemas de agua dulce sanos.

Sería posible combatir muchas de las enfermedades relacionadas con el agua favoreciendo un acceso universal al agua potable, y a prácticas adecuadas de saneamiento, higiene y gestión del agua. Hoy en día, está demostrado que sería posible evitar 1,7 millones de muertes anuales si se facilitase un acceso seguro al agua potable, al saneamiento y a la higiene.²

Siguen siendo necesarias mejoras adicionales para alcanzar los objetivos globales relativos al agua y el saneamiento. Aun cuando el planeta pareciera ir por el buen camino para alcanzar el Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) relativo al agua potable, el objetivo de saneamiento, que intenta reducir a la mitad la proporción de personas que no cuentan con un sistema de saneamiento apropiado, no se logrará para el año 2015 si no se realizan esfuerzos adicionales.

A largo plazo, muchas de las acciones en salud ambiental han resultado ser más rentables que las intervenciones médicas. En este sentido, las prioridades de control mundial de las enfermedades deberían estar claramente basadas, no sólo en la carga global que representan, sino también sobre la posibilidad de realizar intervenciones rentables.

2.3. El agua para la alimentación, la agricultura y los medios de vida rurales

La agricultura es el principal motor de crecimiento en la mayoría de las economías en vías de desarrollo. Aunque en el mundo se está alcanzando de forma paulatina la seguridad alimentaria, todavía hay un porcentaje significativo de la población que no tiene acceso a una cantidad de alimentos suficiente para disfrutar de una vida sana y productiva.

El sector agrícola afronta, en la actualidad, una serie de complejos desafíos. Es necesario producir más y mejores alimentos con menor cantidad de agua por unidad de producción y se deben utilizar tecnologías limpias (evitando o minimizando los impactos negativos derivados del uso de fertilizantes y pesticidas), que aseguren la sostenibilidad ambiental. Además, la cantidad de agua disponible para la agricultura es cada vez más reducida a causa de la degradación de las tierras y de los sistemas hídricos, de la competencia con otros sectores económicos y de la necesidad de conservar la integridad de los ecosistemas acuáticos. Para satisfacer el aumento estimado de la demanda de alimentos hasta 2030, se prevé que el cultivo de alimentos en los países en vías de desarrollo aumente en un 67%. Al mismo tiempo,

² Op. cit. 1.

la mejora continua de la productividad debería hacer posible que el incremento previsto del 14% en el uso de agua con fines agrícolas se mantenga.³

2.4. Agua e industria

La industria es otro de los principales motores del crecimiento económico, especialmente en los países en vías de desarrollo. La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002), propuso un Plan de Acción que establece una estrecha relación entre los objetivos de desarrollo industrial, la erradicación de la pobreza y la gestión sostenible de los recursos naturales.

La contaminación y los residuos industriales están poniendo en peligro los recursos hídricos, dañando y destruyendo los ecosistemas del mundo entero. Esto amenaza la seguridad hídrica de las personas y de las industrias consumidoras de agua. No obstante, es posible disociar el desarrollo industrial de la degradación del medio ambiente, reducir drásticamente el consumo de recursos naturales y de energía y, al mismo tiempo, contar con industrias limpias y rentables.

Dentro del propio sector industrial, se están haciendo esfuerzos para controlar la contaminación. Son muchas las industrias que están, además, mejorando sus estrategias de uso del agua, al verse influenciadas por el cambio de actitud de los consumidores, la presión ejercida para lograr una mejor gobernabilidad de las empresas y las medidas para reducir costos. En la última década, hubo un aumento exponencial en todo el mundo del número de empresas del sector industrial que trataron de obtener la certificación ISO 14001, norma ambiental de carácter internacional.

En cuanto a la cantidad de agua se refiere, es importante tener en cuenta cuál es la productividad del agua usada. El valor industrial añadido (o número de unidades producidas) por unidad de agua utilizada varía profundamente según el país y el sector industrial de que se trate, dependiendo del valor del producto y del valor conferido al agua empleada en el proceso. Sin embargo, resulta ser un buen elemento de referencia para que las empresas realicen seguimientos de aquellas modificaciones más eficaces en los procesos que dan lugar a una mejor gestión ambiental.

2.5. Agua y energía

El desarrollo económico requiere un suministro adecuado y continuo de energía para ser sostenible. El agua es un recurso fundamental para generar energía, sobre todo, energía hidroeléctrica, pero también para la generación de energía nuclear, para la tecnología de transporte de carbón en suspensión en el agua y los programas hidroeléctricos a pequeña escala, entre otros. La energía es, también, esencial para el suministro de agua dulce, como por ejemplo, en el bombeo de las aguas

³ Op. cit. 1.

subterráneas, en la tecnología de desalinización, y en los sistemas de suministro y distribución.

La relación entre el agua y la energía es, con frecuencia, subestimada. La experiencia demuestra que un análisis simultáneo del uso del agua y de la energía en la elaboración de políticas puede suponer un aumento significativo de la productividad y la sostenibilidad en el uso de ambos recursos.

2.6. Gestión de los riesgos

En la década 1996-2006, el 90% de los desastres naturales ocurridos estuvieron relacionados con el agua.⁴ Los tsunamis, las inundaciones, las sequías, la contaminación y las olas ocasionadas por tormentas son tan sólo algunos ejemplos de todos aquellos peligros que pueden poner en riesgo a las sociedades y comunidades. Cuando dichos riesgos -probablemente en aumento debido al contexto ambiental cambiante- no se gestionan con el objetivo de reducir la vulnerabilidad humana, se convierten en catástrofes.

Las inundaciones y las sequías son los desastres relacionados con el agua dulce que resultan ser más mortales, quebrando además el desarrollo socioeconómico, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Los esfuerzos para reducir el riesgo de que se desencadenen desastres se han de integrar de forma sistemática en las políticas, planes, y programas de desarrollo sostenible y de reducción de la pobreza.

Cada vez más, la gestión del riesgo se plantea en términos de prevención, como resultado de un cambio paulatino desde la reacción y la asistencia en caso de emergencia hacia estrategias destinadas a evaluar, prevenir y mitigar el riesgo. Un elemento clave es la elaboración de nuevos enfoques multi-riesgo que permitan la alerta temprana, la predicción, la preparación y la reacción. Estos enfoques constituyen un método ideal para salvar vidas y proteger las infraestructuras, sobre todo, gracias a los sistemas de observación y de telecomunicaciones ya existentes.

El análisis de la gestión de riesgos ha evolucionado gracias a los avances en las técnicas de modelación y predicción. Mientras que en el pasado esta gestión se centraba en el control técnico de los riesgos, hoy día, las evaluaciones incorporan factores sociales y ambientales como, por ejemplo, el impacto de la variabilidad climática o los cambios en los fenómenos meteorológicos extremos.

Otros componentes fundamentales de la gestión del riesgo son la sensibilización del público, la capacidad de reacción de las comunidades, la coordinación efectiva entre las autoridades nacionales y locales, y todo lo relativo a la percepción del riesgo.

2.7. Compartir el agua

⁴ Op. cit. 1.

Compartir el agua resulta esencial para la emergente cultura del agua: la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) busca una gestión del agua más eficaz y equitativa mediante la intensificación de la cooperación.

Vincular las instituciones relacionadas con las aguas superficiales y subterráneas, reclamar más medidas legislativas alrededor del mundo, favorecer la participación pública y estudiar soluciones alternativas para resolver disputas: todo ello forma parte del proceso.

El acceso a un suministro de agua dulce apropiado es una cuestión muy controvertida en las relaciones interestatales en materia de agua, si bien la cooperación, y no el conflicto, es cada vez más habitual. Los conflictos tienen lugar, sobre todo, entre aquellos usuarios que comparten la misma fuente, una situación, a menudo exacerbada por los valores tradicionales, los hábitos y costumbres, los factores históricos y los caprichos de la geografía. Aun así, en un número creciente de casos, los tratados, acuerdos y principios del derecho internacional de aguas favorecen la consolidación de mecanismos para la resolución de conflictos.

La GIRH debe tener lugar en un entorno institucional propicio para su avance, lo que supone contar con estructuras para el fortalecimiento de capacidades, con principios reguladores y con mecanismos organizativos para fomentar la cooperación y la gestión de conflictos. Los tratados, convenciones y acuerdos, junto con las conferencias internacionales que movilizan a los políticos, administradores, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y comunidades del conocimiento son también elementos clave para establecer un entorno propicio.

Los nuevos enfoques de gestión se basarán en principios de cooperación regional, centrándose en las cuencas fluviales y los acuíferos, y haciendo hincapié en las necesidades sociales y la sostenibilidad ambiental.

3. RECURSOS HÍDRICOS. PANORAMA NACIONAL

En la Argentina la oferta del recurso hídrico se puede expresar como un caudal medio anual de aproximadamente 26.000 m³/s. Aunque esta cifra puede aparecer como cuantitativamente generosa, es necesario puntualizar que la distribución espacial es muy heterogénea. El 85% del agua superficial del país corresponde a los territorios argentinos de la cuenca del río de la Plata, con sus ríos Paraguay, Uruguay y Paraná, entre sus cursos de agua principales, y con la mayor concentración de su población y actividad productiva. En el otro extremo se sitúan las provincias áridas y semiáridas, con cuencas de escasa pluviosidad y menos del 1% del total del agua superficial.⁵

El Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado en 2010 registra un total de 40.117.096 habitantes⁶, por lo que la oferta media anual de agua superficial

⁵ Pochat, V. 2005. Entidades de gestión del agua a nivel de cuencas: experiencia de Argentina, CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 96, Santiago de Chile.

⁶ http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos_totalpais.asp

por habitante se puede expresar como un caudal de alrededor de 20.400 m³/habitante/año, muy superior al umbral de estrés hídrico de 1.000 m³/habitante/año. La distribución es muy desigual, con alrededor del 90% de la población viviendo en centros urbanos de más de 10.000 habitantes⁷.

En cuanto al agua subterránea, los últimos estudios disponibles consignan que un 30% del agua utilizada corresponde a ese tipo de fuente. Han sido relevados importantes acuíferos utilizables en el país, con alto grado de conocimiento en algunos casos, como en las provincias de San Juan y Mendoza, en las que se depende fuertemente de ellos. Recientemente Argentina, conjuntamente con Brasil, Paraguay y Uruguay, encararon el “Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní”, situado en formaciones geológicas que se encuentran a distintas profundidades en una importante extensión de la Cuenca del Plata, siendo considerado una de las más importantes reservas de agua dulce del mundo⁸.

3.1. Aspectos energéticos y productivos

La principal característica del sector energético argentino es la alta participación del gas natural. Este combustible aporta la mitad de la energía primaria consumida en el país, siendo utilizado como fuente de generación de electricidad, en el consumo domiciliario y en el transporte de vehículos livianos. Su oferta, junto con la del petróleo, tiene una participación en la oferta total de energía cercana al 90%.

En cuanto al sector eléctrico en particular, el Sistema Interconectado Nacional (SIN) está constituido por 55 centrales termoeléctricas con una capacidad instalada de 13.141 MW; 34 centrales hidroeléctricas con 9.913 MW y 2 centrales nucleares, con 1.005 MW⁹.

La demanda mundial de biocombustibles continúa consolidando una proyección que sitúa a la Argentina en las primeras posiciones como futuro productor y exportador mundial de biodiesel en los próximos años, tomando como base su carácter de primer exportador mundial de aceite de soja. La Ley 26.093/06 aprueba el Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles en Argentina, definiendo como biocombustible al bioetanol, al biodiesel y al biogas, producidos a partir de materias primas de “origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación”. Complementariamente, la Ley N° 26.334/08 aprobó el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol, “con el objeto de satisfacer las necesidades de abastecimiento del país y generar excedentes para exportación”

⁷ Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, octubre 2007.

⁸ Op. cit. 5.

⁹ Op. cit. 6.

tomando como punto de partida a los ingenios azucareros y los productores de caña de azúcar¹⁰.

El sector manufacturero generó en 2011 un 16% del Producto Interno Bruto (PIB) argentino. Las principales ramas de la actividad industrial son: alimentos, química y petroquímica, automotores, bienes de consumo durables, textil, metalurgia y acero. El embalaje y procesamiento de alimentos es la rama industrial más antigua e importante.

La explotación de canteras y minas, por su parte, ha ido incrementando su participación en el PIB si bien todavía en un pequeño porcentaje. Por su parte, el sector agroindustrial se presenta como uno de los más dinámicos y satisface no sólo la demanda interna sino que contribuye fuertemente a las exportaciones nacionales. La agricultura argentina presenta una de las más altas productividades mundiales, en particular en las oleaginosas, entre las que se destaca la soja. Otros productos relevantes son maíz, trigo, girasol, yerba mate, avena, centeno, sorgo, caña de azúcar, algodón, papas y frutas. Argentina produce actualmente 90 millones de toneladas de granos. La superficie sembrada con los principales cuatro cultivos comerciales (soja, girasol, maíz y trigo) se ubica en el orden de las 30 millones de hectáreas.

Argentina es el mayor exportador de aceites y productos vegetales a nivel mundial. Es el principal exportador de aceite y expeller de soja; el mayor exportador de semillas, expeller y aceite de girasol; el segundo exportador de maíz, y el tercer exportador de porotos de soja.

Argentina es asimismo un gran productor y exportador de productos derivados del sector ganadero. La producción anual de carne es de aproximadamente 3 millones de toneladas. El rebaño argentino cuenta con alrededor de 50 millones de bovinos y 13 millones de ovinos. La producción anual de lana se estima en 62 mil toneladas.

Argentina tiene amplias posibilidades de desarrollo en el sector forestal -que apenas están aprovechadas en comparación con su potencial- en base tanto a los bosques nativos como a los implantados. En cuanto al área forestada, ésta se encuentra principalmente en el noreste del país (con un 75% del total localizado en las provincias de Corrientes, Misiones y Entre Ríos) y cubre aproximadamente 0,78 millones de hectáreas. Las plantaciones se componen de especies de rápido crecimiento: pinos, eucaliptos y álamos. Mientras en las provincias mencionadas las plantaciones se realizan mayormente a gran escala, en las provincias de Santa Fe, Córdoba y La Pampa, las plantaciones son de tamaño medio y chico, y el 40% de ellas pertenece a dueños con superficies de 50 a 1000 hectáreas.

En 2002, la producción de madera alcanzó los 2,1 millones de toneladas obtenidas de los bosques nativos y 1,4 millones de toneladas de áreas forestadas. De acuerdo a la

¹⁰ Cafici, M., El Biodiesel como nueva fuente energética del Cono Sur. Factibilidad de su admisión como MDL en el marco del Protocolo de Kioto, ElDial.com, Biblioteca Jurídica Online, Suplemento de Derecho Ambiental.

anterior Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Argentina tiene otras 20 millones de hectáreas que podrían ser utilizadas para forestación. El bosque nativo se estima que cubre 33,2 millones de hectáreas -que representan el 13% del territorio- correspondiendo al parque chaqueño la mayor área, con 22 millones de hectáreas¹¹.

3.2. Calidad del agua

Existe en Argentina una amenaza creciente a la sostenibilidad de las fuentes de aguas 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, en algunas áreas de la cuenca del río 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, por aguas servidas sin tratar, provenientes 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 a los ríos Paraná y de la Plata desde Rosario hasta La Plata, donde sus afluentes 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 aguas 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, oro y plomo (Cuyo), y la extracción petrolera y de carbón (Patagonia Sur).

En la Capital Federal y el conglomerado urbano de Buenos Aires, 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

¹¹ Op. cit. 6.

sobreexplotación y contaminación industrial). El suministro fue reemplazado por el aporte de agua desde el río de La Plata.

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.

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.

La contaminación de las aguas subterráneas, producto del mal manejo de los acuíferos (sobreexplotación 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 el problema de contaminación más importante en Argentina.

3.3. Uso de los recursos hídricos

- **Usos extractivos**

Los sectores de agua potable y saneamiento y de riego, sobresalen entre otros usos consuntivos del agua. El riego demanda un 70% del total, seguido por el abastecimiento municipal, el abrevado de ganado y el uso industrial.

El país cuenta con 125 sistemas o zonas de riego, tomando en cuenta el riego complementario e integral, tanto público como privado. Se considera que el potencial de tierras aptas para riego es del orden de 6.300.000 hectáreas, de las cuales sólo 2,5 millones pueden ser factibles de habilitar para riego integral.

La superficie regada total es del orden de 1,5 millones de hectáreas, mientras que la superficie con infraestructura de riego disponible (incluyendo en ésta toda la empadronada) cubre 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 ubica 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 pertenecen o son administradas por el sector público y el 26% por el sector privado. Aunque el área bajo riego representa solamente 5% del área agrícola del país (30 millones de hectáreas), su participación en el valor de la producción sectorial ha oscilado entre 25% y 38%. Del total de 1,5 millones de hectáreas bajo riego, se considera que existen 500.000 hectáreas que están afectadas, en distintos grados de intensidad, por problemas de

drenaje o salinidad. La eficiencia de uso del agua, en general se encuentra en niveles muy bajos: la media es inferior a 40%¹².

De acuerdo al Censo Nacional 2010, el 83,9% de la población de todo el país estaba abastecida por sistemas de agua potable por red, mientras que el 53,1% de esta población disponía de servicios de evacuación de excretas por red. El 18% de la población urbana utilizaba sistemas individuales para la evacuación de efluentes cloacales, tales como cámara séptica y pozo absorbente; por lo que la población urbana que tenía acceso a un sistema cloacal seguro alcanzaba aproximadamente al 71%. No obstante estos valores, existe una marcada disparidad en los niveles de cobertura de agua potable y saneamiento entre provincias y entre áreas urbanas y rurales de éstas.

El 30% de la población rural dispone de agua potable por red mientras que sólo el 1% evacua sus excretas a una red colectora domiciliaria, en tanto, el 48% de la población rural dispone de sistemas individuales de descarga de efluentes (cámara séptica y pozo absorbente)¹³.

El promedio nacional de producción de agua por habitante servido se estima en 380 l/hab/día, con un rango amplio de variación entre las distintas provincias, que oscila entre un máximo de 654 l/hab/día en la provincia de San Juan y un mínimo de 168 l/hab/día en la provincia de La Pampa. El consumo medio real sobre la base de los resultados de sistemas que operan con micromedición (Bahía Blanca en la provincia de Buenos Aires y la provincia de Jujuy) es del orden de los 180 l/hab/día¹⁴.

Los niveles de agua no contabilizada constituyen uno de los principales problemas de eficiencia en la mayoría de los servicios de agua potable, ya que un importante volumen, 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 ocasionando pérdidas en los ingresos por el volumen de agua producido pero no facturado. La aún escasa implementación de sistemas de macromedición de caudales dificulta el conocimiento del valor real de las pérdidas.

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, generando así un riesgo potencial para la salud de la población. Sólo el 10% del volumen total de los efluentes domésticos recolectados por los sistemas de desagües cloacales, son tratados por un sistema de depuración¹⁵.

¹² Op. cit. 7.

¹³ Op. cit. 7.

¹⁴ Cabe señalar que tanto en San Juan como en las otras provincias de Cuyo, el riego de jardines hogareños es prácticamente vital.

¹⁵ Op. cit. 7.

- 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 del siglo XX la construcción de embalses y aprovechamientos de propósito múltiple. Inicialmente los esfuerzos del Estado se orientaron a las zonas áridas y semiáridas, acompañando 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 los ríos 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 municipal e industrial, riego, atenuación de crecidas, navegación y recreación).

El mayor potencial de energía hidroeléctrica está asociado a las cuencas del Plata (ríos Bermejo, Paraná y Uruguay) y a las que desaguan en el Atlántico (ríos Colorado, Negro, Chubut y Santa Cruz).

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. En las últimas décadas, 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, al establecimiento de procedimientos de evaluación de impacto ambiental para las obras del sector de la energía y, por otro, a que esas preocupaciones se constituyan en protagonistas de decisiones técnicas y políticas sobre el desarrollo de las obras.

En Argentina, las actividades de recreación y turismo se encuentran estrechamente relacionadas con la existencia y disponibilidad de cuerpos de agua. Esto cobra mayor relevancia en la región árida y semiárida, donde los embalses constituyen centros de actividad creciente para deportes de contacto, navegación y pesca deportiva.

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 1.210) el calado se limita a 10 pies, lo que determina el predominio de trenes de barcas. La ruta para barcas continúa hacia aguas arriba por el río Paraguay, o por el río Alto Paraná hasta Puerto Iguazú (km 1927), atravesando la esclusa del aprovechamiento de Yacyretá. La Hidrovía Paraguay-Paraná es un proyecto conjunto de los países de la Cuenca del Plata para asegurar la navegación permanente de

hasta 10 pies de calado desde el Puerto de Nueva Palmira (Uruguay) hasta Puerto Cáceres (Brasil)¹⁶.

3.4. Fenómenos extremos

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. Las inundaciones de 1982/83, 1992 y 1997/98, debidas a las crecidas extraordinarias de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, asociadas al fenómeno de El Niño, castigaron a las siete provincias de la región Litoral-Mesopotamia (Buenos Aires, Corrientes, Chaco, Entre Ríos, Formosa, Misiones y Santa Fe). Desde 1970 los episodios han incrementado su frecuencia, ocurriendo uno cada cuatro años en promedio, ocasionando pérdidas importantes en la infraestructura, la producción agropecuaria, los bienes privados y las actividades económicas.

Además de los fenómenos de inundaciones por crecientes de los grandes ríos, ocurren también fenómenos aluvionales por lluvias torrenciales con movimiento de grandes masas de material sólido (región de la pre-cordillera 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.

Los episodios de precipitaciones de intensidad extraordinaria en áreas de la llanura pampeana (noroeste de la provincia de Buenos Aires, sur de Córdoba y de Santa Fe) y de la planicie chaqueña (zona este de las provincias de Chaco y Formosa, sur de Chaco y norte de Santa Fe) dan origen a anegamientos de gran extensión por limitaciones del drenaje, agravadas por un mal manejo del suelo y caminos rurales deficientes.

Por otra parte, la ocupación urbana del territorio se ha realizado sin considerar sus potencialidades y restricciones, por lo cual numerosas ciudades se han asentado en zonas ribereñas o cercanas a cursos de agua. En las últimas décadas esta ocupación -normalmente asociada a cuestiones de valorización o propiedad de los terrenos- se vio en la mayoría de los casos drásticamente afectada por las inundaciones, agravadas por las edificaciones que dificultan el normal escurrimiento de las aguas. En general, el ordenamiento urbano y los controles son reducidos y desarticulados¹⁷.

3.5. La vulnerabilidad al cambio climático

¹⁶ Op. cit. 7.

¹⁷ Op. cit. 7.

Son notables las tendencias climáticas que han ocurrido en la mayor parte del territorio argentino en las últimas tres o cuatro décadas. Y es muy probable que ellas estén relacionadas con el cambio climático global. Dichas tendencias han afectado los sistemas naturales y las actividades humanas, requiriendo una rápida adaptación.

Las más importantes son:

- Aumento de las precipitaciones medias anuales en casi todo el país y muy especialmente en el noreste y en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional.
- Aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro del país.
- Aumento de la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo, con retroceso de algunos glaciares¹⁸.
- Aumento de los caudales de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en todo el país, excepto en el Comahue y el norte de la Patagonia¹⁹.

Por otra parte, según la Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, de octubre de 2007 (Op.cit. 4), se ha producido un retroceso de los caudales de los ríos de origen cordillerano en San Juan, Mendoza y Comahue. Sin embargo, por su parte, el Centro Regional Andino del INA (INA-CRA) sostiene²⁰ que la disminución en el caudal de los ríos no es verificable por los estudios de identificación de tendencias, realizados en los principales ríos de la provincia²¹.

4. PRINCIPALES TEMATICAS A ABORDAR

Como se aprecia de todo lo expuesto la temática de los Recursos Hídricos es amplia y diversa, lo cual hace necesario acotar el campo a un conjunto abreviado de cuestiones para garantizar el éxito de los impactos que genere la inversión a realizar. A los efectos de seleccionar las cuestiones más relevantes se dio preeminencia a aquellos temas que poseen un mayor impacto territorial y ofrecen *prima facie* oportunidades para realizar intervenciones a partir de desarrollos bio y nanotecnológicos y requieran del concurso de las tecnologías de información y las comunicaciones (TIC).

En este sentido se ha propuesto que, en esta etapa, las acciones de apoyo del MINCYT en esta problemática sean orientadas hacia los siguientes temas:

1. Agua potable y saneamiento.
2. Agua e industria.

¹⁸ Cabe señalar, sin embargo, que también se ha comprobado el avance de otros glaciares, como es el caso del Glaciar del Plomo, en la provincia de Mendoza.

¹⁹ Op. cit. 7.

²⁰ Instituto Nacional del Agua, Centro Regional andino. Aportes para el Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia de Mendoza. Convocatoria al Sector Científico Técnico de la Provincia de Mendoza por parte de la Universidad Nacional de Cuyo. Escenario Tendencial Mendoza 2030.

²¹ A.I.J.Vich, P.M. López, M. C. Schumache. Trend detection in the water regime of the main rivers of the Province of Mendoza, Argentina. GeoJournal, 2008.

3. Agua y agricultura.
4. Agua y naturaleza. Manejo de Cuencas.

4.1. Agua potable y saneamiento

4.1.1. Sistemas para potabilización

a) Zonas urbanas grandes:

En la mayoría de estas zonas se recurre como fuente al agua superficial. Los métodos de potabilización están muy desarrollados; consisten básicamente en eliminar la turbiedad, para hacer la desinfección (con cloro u otros desinfectantes) más eficiente.

Un tema importante que requiere más estudios e investigaciones es qué hacer con las fuentes de agua que se han eutrofizado.

Frente al crecimiento de la población y al consecuente incremento en la producción de desechos orgánicos, tanto cloacales como agrícolas, unido al uso de detergentes fosforados no biodegradables y ante la inexistencia de formas de tratamiento de las aguas residuales, los procesos de eutrofización siguen expandiéndose. Este fenómeno produce significativos cambios tanto en las comunidades biológicas en general como en las algas en particular. Lo que sucede comúnmente es un incremento de la frecuencia de los florecimientos algales, con un predominio de las Cianofíceas (o Algas Verde-Azules) sobre las Algas Verdes (Clorofíceas), las Algas Doradas (Crisofíceas) y las Bacillariofíceas (o Diatomeas)²².

Estos procesos se encuentran en numerosos cuerpos de agua, como es el caso de los embalses San Roque (Córdoba), Paso de las Piedras (Bahía Blanca) y El Cadillal (Tucumán), entre otros, con presencia de algas que producen toxinas.

Cuando se produce el florecimiento o crecimiento explosivo de las Cianofíceas o Algas Verde-Azules, en la superficie del espejo de agua se observa una espuma verdosa, -que en momentos de mayor concentración celular - despiden un fuerte y desagradable olor, similar al de un conocido insecticida. En esta etapa, muchas Algas Verde-Azules pueden producir también dos tipos de sustancias tóxicas: 1) las neurotóxicas, como la anatoxina y 2) las hepatotóxicas como la microcystina producida por la especie *Microcystis aeruginosa*.

Efectos sobre la salud humana:

Las neurotóxicas como las anatoxinas son de tipo bloqueante neuromuscular y cuando están purificadas y concentradas producen parálisis cardio-respiratoria. Las hepatotóxicas afectan al hígado por estancamiento de la sangre y hasta pueden producir un coma hepático.

²² Prósperi C., 1999. Las Algas Tóxicas y su efecto sobre el ambiente. Serie Verde. Cuadernos de Divulgación de la Universidad Libre del Ambiente (ULA). Editorial ULA, Córdoba, año 1, número 1, 8 p.

Cuando las toxinas no están en su estado natural y en bajas concentraciones, pueden ser inofensivas o también producir síntomas como diarrea, vómito, fiebre, malestar general y hasta ser cancerígenas a largo plazo.

Efectos sobre la salud de los animales:

Las Cianobacterias producen sustancias letales para el ganado y otros animales. Las hepatotoxinas y neurotoxinas no sólo son extremadamente nocivas para los vertebrados sino también para invertebrados diminutos que viven en lagos y charcas. Las toxinas (sobre todo las neurotóxicas), pueden producir la muerte de estos organismos –que usualmente son predadores de las cianofíceas- o pueden reducir el número y tamaño de su descendencia²³.

Con respecto a las tecnologías de tratamiento de aguas con cianotoxinas, los procesos de coagulación, cuando son optimizados y asociados a los procesos de separación sólido-líquido y/o a la predesinfección, pueden eliminar de forma eficaz las células de cianobacterias. Sin embargo, varios estudios muestran que los procesos convencionales de tratamiento (coagulación, floculación, sedimentación y filtración) no serán efectivos en la eliminación de la fracción disuelta de las cianotoxinas.

Otras investigaciones evalúan también la eliminación de toxinas por carbón activado, en polvo y granular. Los resultados obtenidos sugieren que el carbón activado es capaz de eliminar cianotoxinas por sí mismo o de modo combinado con el tratamiento convencional.

Las cianotoxinas se encuentran principalmente en el interior de las células viables de las cianobacterias tóxicas (toxinas intracelulares). En condiciones normales, apenas una pequeña proporción de estas toxinas es liberada por las células al agua (toxinas extracelulares). Sin embargo, cuando ocurre la muerte de la célula, sea de forma natural o por la acción de ruptura ejercida por los agentes químicos como el sulfato de cobre y oxidantes, la toxina intracelular es significativamente liberada al agua. De este modo, los procesos y secuencias del tratamiento del agua para abastecimiento público deben ser analizados en función de su capacidad para remover las células viables y de no promover su muerte.

La remoción de biomasa de las algas ha sido objeto de estudio de varios investigadores, y son varias las líneas que abordan el problema: Desde el uso de filtros rápidos de pequeña granulometría sin previa coagulación, hasta la adopción de una etapa de preoxidación utilizando cloro, ozono y otros oxidantes. Esa última opción se ha mostrado capaz de promover una mayor eficiencia de remoción de microalgas. Por ello, una de las opciones que la literatura viene indicando como más recomendada para la remoción de microalgas es la flotación por aire disuelto, seguida de filtración rápida²⁴.

²³ Op. cit. 1.

²⁴ Lucena, E., 2008. Aspectos sanitarios de las cianotoxinas, Higiene y Sanidad Ambiental, 8: 291-302.

Consecuentemente, las cuestiones a abordar o profundizar es cómo remover las algas sin que lleguen a liberar las toxinas y cómo eliminar las toxinas.

b) Zonas urbanas pequeñas y medianas

En la mayor parte de las zonas urbanizadas y habitadas por menos de 50.000 personas, se recurre como fuente al agua subterránea. El problema que suele presentarse en una gran parte de nuestro país es la presencia de arsénico y flúor – existentes en la naturaleza- o sales como, por ejemplo, nitratos, provenientes de la percolación del agua freática.

El más grave es la presencia de arsénico, cuyos límites aceptables han sido reducidos por la Organización Mundial de la Salud. Para grandes escalas (Caso de La Matanza, Provincia de Buenos Aires) se suele utilizar la ósmosis inversa, método complejo y costoso, que requiere mucha energía.

Sería de interés la investigación sobre tecnologías alternativas, contemplando particularmente el potencial que ofrece la nanotecnología.

El potencial de la nanotecnología²⁵:

A diferencia de otras tecnologías, que han nacido directamente de una disciplina científica concreta, la nanotecnología abarca un amplio abanico de áreas de estudio. En esencia, se define por la escala en la que opera: la nanociencia y la nanotecnología suponen estudiar y trabajar con materia a escala ultra pequeña.

La escala nanométrica tiene que ver con las partes más diminutas de la materia que se pueden manipular. Operar a esa escala facilita el ensamblaje de átomos y moléculas según especificaciones exactas. En aplicaciones como la filtración de aguas, esto significa que los materiales se pueden hacer a la medida o ajustar para que sean capaces de filtrar metales pesados y toxinas biológicas.

Los materiales trabajados a escala nanométrica suelen tener propiedades ópticas o eléctricas distintas a los mismos materiales manipulados a escala micro o macro. Por ejemplo, el nano óxido de titanio es un catalizador más eficaz que el óxido de titanio fabricado a escala micro, y puede ser utilizado en el tratamiento de aguas para degradar contaminantes orgánicos. Sin embargo, en otros casos, el reducido tamaño de las nanopartículas hace que el material sea más tóxico de lo normal.

Las nanotecnologías podrían paliar los problemas del agua si resuelven los retos técnicos que presenta la remoción de contaminantes como bacterias, virus, arsénico, mercurio, pesticidas y sal.

²⁵ Grimshaw, D., 2009. Nanotecnología para obtener agua limpia: hechos y cifras, mayo. Disponible en <http://www.scidev.net/es/features/nanotecnolog-a-para-obtener-agua-limpia-hechos-y-c.html>

Muchos investigadores e ingenieros sostienen que las nanotecnologías ofrecen alternativas más económicas, eficaces, eficientes y duraderas, en particular porque el uso de nanopartículas para el tratamiento de aguas necesitarían menos mano de obra, capital, tierra y energía, en comparación con los métodos tradicionales.

Una serie de dispositivos para el tratamiento de aguas que incorporan adelantos nanotecnológicos ya se encuentran en el mercado; otros están próximos a su lanzamiento o en proceso de desarrollo.

Las membranas de nanofiltración ya son de uso habitual para la eliminación de sales disueltas y microcontaminantes, el ablandamiento del agua y la depuración de aguas residuales. Se espera que la nanotecnología siga mejorando esta tecnología con membranas y permita reducir los prohibitivos costos que tienen los procesos de desalinización.

Los investigadores desarrollan nuevos tipos de materiales nanoporosos, más eficaces que los filtros convencionales. Un estudio realizado en Sudáfrica demostró que las membranas de nanofiltración pueden generar agua potable a partir de agua subterránea salobre. Y un equipo de científicos de India y EE. UU. desarrolló filtros hechos con nanotubos de carbono que tienen el poder de eliminar bacterias y virus con más eficacia que las membranas de filtración convencionales.

Las arcillas de attapulguita y las zeolitas naturales también se utilizan en los nanofiltros. Se hallan en numerosos lugares del mundo y cuentan con poros de proporciones nanométricas naturales. Un estudio del uso de las membranas de arcilla de attapulguita para filtrar aguas residuales procedentes de una central lechera demostró que son capaces de reducir el suero y otros materiales orgánicos presentes en las aguas residuales de manera eficaz y económica.

Las zeolitas también se fabrican, y se pueden usar para separar sustancias orgánicas perjudiciales del agua y eliminar iones de metales pesados. Investigadores de la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth, en Australia, han creado una arcilla sintética de bajo costo, llamada hidrotalcita, que atrae el arsénico y lo elimina del agua. Han ideado un novedoso empaque para el producto, destinado a comunidades de bajos ingresos: una "bolsita de té" que se puede sumergir en los dispositivos de agua domésticos durante unos 15 minutos, antes de beber el líquido. Y la compra de las bolsitas usadas por parte de las autoridades podría incentivar el reciclado y contribuir a la eliminación del arsénico concentrado.

Los nanocatalizadores y las nanopartículas magnéticas son otros ejemplos de cómo la nanotecnología podría transformar el agua muy contaminada en agua apta para consumo, saneamiento y riego. Los nanocatalizadores pueden degradar los contaminantes químicamente, incluso aquellos que no se pueden tratar con las tecnologías actuales o cuyo tratamiento sería demasiado costoso, sin tener que desplazarlos de un lugar a otro. Investigadores del Instituto Indio de Ciencias de Bangalore han utilizado el nano dióxido de titanio precisamente para este fin.

Las nanopartículas magnéticas ocupan grandes superficies en proporción a su volumen y se unen con facilidad a sustancias químicas. En las aplicaciones destinadas al tratamiento de aguas, pueden utilizarse para unirse a contaminantes como el arsénico o el petróleo y luego ser eliminadas mediante un imán.

Científicos de la Universidad de Rice, Estados Unidos, emplean “nano óxido” para eliminar el arsénico del agua potable. La amplia superficie del nano óxido permite capturar cien veces más arsénico que si se empleara óxido manipulado a una escala mayor.

Además de servir para tratar el agua, la nanotecnología es capaz de detectar contaminantes transportados por ella. Los investigadores desarrollan nuevas tecnologías de sensores que combinan la micro y la nanofabricación para la creación de sensores pequeños, portátiles y ultraprecisos, que pueden detectar en el agua células individuales de determinadas sustancias químicas y bioquímicas. Por ejemplo, un equipo de la Universidad del Estado de Pensilvania, en los Estados Unidos, ha desarrollado una forma de detectar arsénico en el agua a través de nanoalambres colocados en un chip de silicio.

Algunos productos interesantes están surgiendo en los países en desarrollo, y otros, diseñados en diferentes lugares, son de gran relevancia para las necesidades del Sur como, por ejemplo:

- Nanoesponjas para la captación de agua de lluvia mucho más eficiente que las tradicionales redes de recolección de agua de niebla.
- Nano óxido para la remoción de arsénico.
- Membranas desalinizadoras.
- Membranas de nanofiltración.
- Tubo con nanomalla.
- Filtro mundial.
- Filtro de pesticidas.

Algunos investigadores exigen más investigación sobre los posibles riesgos ambientales y para la salud del uso de la nanotecnología para el tratamiento de aguas. Por ejemplo, preocupa que la mayor reactividad de las nanopartículas las vuelva más tóxicas. Su reducido tamaño también implicaría que son difíciles de retener, y que se podrían dispersar más fácilmente en el aire y dañar la vida acuática. Todavía se desconocen todos los efectos de la exposición a los nanomateriales, desde su manipulación en plantas de tratamiento hasta su consumo a través del agua tratada.

Pero se puede hacer una distinción, en términos de evaluación del riesgo, entre nanopartículas activas y pasivas. Las pasivas, como las que se usan para revestir un material, no presentarían ni más ni menos riesgo que otros procesos de fabricación. En cambio, las activas, que pueden dispersarse en el ambiente, implicarían riesgos asociados a su control y contención.

Otro gran problema es qué hacer con el “agua de rechazo”, el concentrado que queda como residuo.

Finalmente, se destaca que muchas de las tecnologías que se están desarrollando para concentraciones urbanas pequeñas son igualmente útiles para su aplicación en ambientes rurales.

4.1.2. Tratamiento de líquidos residuales domésticos y urbanos

En las zonas urbanas están las plantas más grandes y con mayor nivel de tratamiento. Esas plantas generan arenas, aceites, grasas, barros y biosólidos. El problema más importante es qué hacer con esos elementos residuales.

Las “arenas” no se pueden enviar a los rellenos sanitarios, por lo que se requiere definir es qué tratamiento dar a las arenas que contienen metales pesados. Se están fabricando ladrillos, mezclando esas arenas con cal (que actúa como germicida) y cemento que las encapsula, para evitar daños a la salud.

En cuanto a las “grasas” y “aceites”, lo que se busca es utilizarlos para generar la máxima energía posible, mediante la elaboración de biocombustibles.

El desafío más importante es el tratamiento de los barros cloacales, subproductos de los tratamientos biológicos, para la generación de energía. Los “barros” surgen de la presencia de bacterias, las cuales se alimentan de materia orgánica y defecan una materia inerte. Los barros se introducen en un digestor, que reduce a menos del 50% el volumen de materia orgánica, para facilitar su deshidratación. El digestor produce metano el cual, a su vez, puede utilizarse como combustible para calentar al digestor. Con los barros deshidratados se pueden hacer “pelets”, que se utilizan como mejoradores de suelos, o bien, con un mayor molido, se puede quemar en calderas, produciendo vapor para la generación de energía.

Los “biosólidos”, retenidos por las rejillas, se disponen en los rellenos sanitarios.

Y un tema que requerirá se investigue en el futuro es cómo tratar los contaminantes no convencionales, como medicamentos (analgésicos, antibióticos, etc.).

4.2. Agua e industria

4.2.1. Reducción del consumo de agua²⁶

La maquinaria, los procesos y los servicios accesorios en las industrias demandan grandes cantidades de agua, que pueden reducirse con técnicas de uso eficiente. La calidad del agua requerida varía según el tipo de industria (por ejemplo, la petrolera o

²⁶ Adaptado de: Arreguín C., F. Uso eficiente del agua, CEPIS Publicaciones.

la minera requieren menos calidad que la farmacéutica) y su uso dentro del proceso, por lo que en una misma planta industrial pueden requerirse aguas de diferente calidad en varios procesos.

Los usos industriales del agua se pueden dividir en tres grandes grupos: transferencia de calor, generación de energía y aplicación a procesos.

Transferencia de calor. Se utiliza en procesos de calentamiento o enfriamiento. Para el primero, normalmente se usa la generación de vapor por medio de calderas que emplean la combustión de carbón, petróleo, gas o productos de desecho. Para el enfriamiento, se emplea la circulación de agua, por medio de torres o estanques de enfriamiento.

Generación de energía. La mayor parte de la energía generada en muchos países proviene de plantas termoeléctricas que emplean el vapor de agua para mover turbinas adaptadas a generadores. En la recuperación del vapor se usan condensadores, logrando establecer los volúmenes de reemplazo en un 1% del total de agua suministrada a la planta.

Aplicación a procesos. Son muchos los procesos en los que se necesita el agua, uno de ellos es el transporte de materiales, en que se utilizan tuberías o canales. Las industrias de la celulosa y el papel, las enlatadoras de alimentos, las carboníferas y los ingenios azucareros son las que más recurren a este método.

Las principales acciones de uso eficiente en el nivel industrial son la recirculación, el reúso y la reducción del consumo; en los tres casos son necesarias dos actividades básicas: la medición y el monitoreo de la calidad del agua.

La medición es la acción fundamental de cualquier programa de uso eficiente en el sector industrial, en la determinación de consumos horarios diarios, mensuales, estacionales y medios, según se trate; en los procesos, equipos, accesorios, zonas de riego, baños, etc., sirve para programar cómo usar mejor el agua y para motivar a que los trabajadores participen en el ahorro de este líquido.

Como se señaló anteriormente, no todos los procesos industriales ni las áreas anexas a los mismos, requieren de la misma calidad de agua, así para establecer medidas de recirculación, reúso o reducción, es indispensable conocer la calidad del agua en cada parte del proceso industrial.

Recirculación: Esta acción consiste en utilizar el agua en el proceso donde inicialmente se usó. En general, la primera vez que el agua ha sido utilizada, cambia sus características físicas y químicas y, por lo tanto, podría requerir de algún tipo de tratamiento. Es necesario entonces conocer la calidad del agua demandada por el proceso en cuestión, el nivel de degradación de su calidad en el mismo y, por ende, el tipo de tratamiento necesario. Uno de los usos industriales en que se emplea la recirculación es el enfriamiento de equipos que generan calor, por ejemplo, las bombas o los sistemas que condensan gases, como el de la refrigeración o la

condensación de vapor. En estos casos, para recircular el agua se utilizan torres de enfriamiento, las cuales disminuyen la cantidad de calor por medio de la evaporación de una parte del agua. La recirculación también se utiliza en los procesos de lavado que tienen por objeto remover residuos o elementos contaminantes de los productos o equipos fabricantes; en este caso es necesario establecer el sistema de tratamiento adecuado para la remoción. En los procesos de transporte de materiales, por ejemplo minerales o alimentos, se puede recircular el agua, incluso sin tratamiento. Actualmente, en la fabricación de papel, el reciclaje de agua y fibras es una actividad común.

Reúso: En esta situación, el efluente de un proceso (con o sin tratamiento) se utiliza en otro que requiere de diferente calidad del agua. Es necesario determinar la calidad del agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y, cuando corresponda, definir cuál sería el tratamiento mínimo requerido y los mecanismos para transportar el líquido. El agua producto de los procesos de lavado puede reusarse en otros que requieran de una calidad menor, como sucede en el enfriamiento, el transporte de materiales o la purificación de aire.

Reducción del consumo: Para reducir el consumo es posible optimizar los procesos, mejorar la operación o modificar los equipos o la actitud de los usuarios del agua. Aquí es necesario calcular la cantidad de líquido requerida por un proceso dado, comparada con el consumo real y evaluar opciones para disminuir su consumo. En las industrias hay zonas accesorias (jardines o servicios sanitarios) en las que se pueden lograr importantes reducciones del consumo, por ejemplo, sembrando plantas nativas de la zona geográfica donde se ubique la industria, empleando equipo de riego eficiente, riego nocturno, etc. En cuanto a los servicios sanitarios, tanto la eliminación de fugas como el uso de reductores de flujo en inodoros y duchas de bajo consumo contribuyen a reducir los consumos industriales de agua. En los procesos de transporte de materiales también se puede utilizar esta técnica, por ejemplo, mediante descargas intermitentes, que garantizan la misma capacidad de transporte que las continuas.

Entre las industrias que requieren mayor cantidad de agua para sus procesos se encuentran las industrias siderúrgica, petrolera, minera, papelera, alimentaria, textil, entre otras.

En lo que se refiere a la industria petrolera, se destaca en cuanto al consumo de agua, la etapa correspondiente a la extracción de petróleo y gas. Y esta demanda puede entrar en competencia con otros usos, como el abastecimiento a las ciudades y el riego.

Por otra parte, la explotación de yacimientos no convencionales ("shale oil/gas") - recientemente descubiertos en nuestro país- donde la extracción de petróleo y gas se basa en la aplicación de la tecnología de "fracturación hidráulica", implicará la utilización de mayores volúmenes de agua muy superiores a los requeridos por los métodos convencionales utilizados hasta ahora.

La fracturación hidráulica (comúnmente conocida en inglés como “hydraulic fracturing” o “fracking”) es una técnica para posibilitar o aumentar la extracción de gas y petróleo del subsuelo. El procedimiento consiste en la inyección a presión de algún material en el terreno, con el objetivo de ampliar las fracturas existentes en el sustrato rocoso que encierra el gas o el petróleo, y favoreciendo así su salida hacia el exterior. Habitualmente el material inyectado es agua con arena, aunque ocasionalmente se pueden emplear espumas o gases.

Es usual que junto con el agua se incluya una cierta cantidad de arena para evitar que las fracturas se cierren al detenerse el bombeo. Asimismo se suele utilizar diversos compuestos químicos, cuya finalidad es favorecer la fisuración o incluso la disolución de la roca.

Durante la perforación convencional del pozo se consumen grandes volúmenes de agua para enfriar y lubricar la cabeza de perforación, pero también para retirar el lodo que se produce con la perforación. En la fracturación hidráulica se consume diez veces más agua para estimular el pozo mediante la inyección de agua a alta presión para crear las grietas.

Dado el impulso que se estima se dará a este tipo de explotación, sería interesante seleccionar a la industria petrolera, convencional y no convencional, como caso a investigar en materia de consumo de agua.

4.2.2. Reducción de las cargas contaminantes

Procesos más limpios; modificación de los procesos productivos para reducir las cargas contaminantes.

Para la selección de los tipos de industria, cuyos procesos se investigarán, hay que tener en cuenta los planes actualmente en desarrollo:

En el marco de las acciones impulsadas por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), tendientes a mejorar el desempeño ambiental de las industrias, se ha iniciado el Plan Nacional de Reconversión Industrial (PNRI).

El PNRI ha sido diseñado contemplando los sectores geográficamente más comprometidos con la contaminación ambiental, la Cuenca del Río Salí-Dulce y la Cuenca Matanza-Riachuelo.

Adicionalmente, se han definido las siguientes prioridades sectoriales para abordar en primera instancia aquellos sectores que presentan mayor impacto en términos ambientales:

- Las papeleras
- Las azucareras
- Las citrícolas
- Las petroleras
- Las químicas

- Las galvanoplastias
- Los frigoríficos
- Las curtiembres

Sector Ingenios:

Zona geográfica involucrada: Tucumán (empresas de la Cuenca Salí Dulce).

Sector Citrícolas:

Zona geográfica involucrada: Tucumán (empresas de la Cuenca Salí Dulce)

Sector Curtiembres:

Zona geográfica involucrada: municipios de Lanús y Avellaneda, Gran Buenos Aires

Sector Frigoríficos:

Zona geográfica involucrada: fundamentalmente municipio de La Matanza

Sector Galvanoplastia:

Zona geográfica involucrada: fundamentalmente municipios de La Matanza, Lanús Avellaneda.

Sector Papeleras:

Zona geográfica involucrada:

Empresas de Pasta Celulósica o Integradas: Buenos Aires, Jujuy, Misiones, Río Negro, Santa Fe, Tucumán.

Empresas Papeleras y Cartoneras: Conglomerados urbanos, principalmente Buenos Aires y Gran Buenos Aires.

Polo Dock Sud

Almacenadoras de productos químicos

Reconversión Empresas Químicas

Reconversión Destilerías

Reconversión Empresas depósitos de combustible

Por su parte, la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) ha impulsado la realización de Planes de reconversión industrial (PRI), habiendo aprobado hasta el 15 de junio de 2012 los planes correspondientes a 700 establecimientos industriales de diverso tipo (http://www.acumar.gov.ar/pdf/pri15_06.pdf). Se pueden mencionar, entre otras, industrias tales como:

Fundiciones, químicas, alimentarias, de bebidas, curtiembres, galvanotecnias, de plásticos, metalúrgicas, laboratorios, de maderas, siderúrgica, textil.

4.2.3. Tratamiento de residuos industriales

Con relación a los residuos provenientes de industrias tales como frigoríficos para carne vacuna, plantas de procesamiento de productos porcinos, curtiembres (algunos de sus residuos), ingenios azucareros, lo que **se busca** es **generar energía** a partir del tratamiento de los residuos.

Asimismo hay que considerar la aplicación de otras técnicas como la oxidación química, procesos avanzados de oxidación, métodos de oxidación directa (oxidación húmeda catalítica y no catalítica), la utilización de membranas, reactores biológicos, entre otras.

4.3. Agua y agricultura

4.3.1. Reducción del consumo de agua para riego

La eficiencia de los sistemas de riego en Argentina es baja, inferior al 40% y en algunas provincias los derechos de riego han sido totalmente otorgados. Por lo tanto el aumento de la superficie cultivada implica un aumento de la eficiencia de riego. Esto último, además de varios años de sequía y buenos precios de los productos agrícolas generó una importante inversión en riego presurizado sobre todo en las áreas de riego complementario. Se estima que aproximadamente el 5% de la superficie nacional se riega con equipos de alta tecnología.

En las zonas áridas y semiáridas ha aumentado la utilización de riego por goteo, método que reduce al mínimo la utilización de agua y fertilizantes. El agua se introduce lentamente hacia las raíces de las plantas ya sea mojando la superficie del suelo o irrigando directamente la zona de influencia de las raíces. En las zonas húmedas, se están utilizando los sistemas por aspersión para riego complementario. Se considera que la tecnología disponible es adecuada. Sería muy difícil competir con las empresas que fabrican los equipamientos para riego por goteo y para aspersión. Lo que hay que mejorar es la utilización de tales equipamientos (se requiere capacitación para la gestión a nivel de cuenca, de asociaciones de usuarios y de los productores dentro de sus predios) y complementarlo con información agrometeorológica para determinar cuándo es necesario regar (sobre todo en la pampa húmeda). Se lograría además reducción del consumo de energía.

Un tema a estudiar es el desarrollo de indicadores económicos de la extracción y consumo de agua, para demostrar las ventajas de una gestión adecuada.

4.3.2. Técnica del riego deficitario

El riego deficitario controlado (RDC) es una estrategia basada en aplicar volúmenes de agua inferiores al 100% de la evapotranspiración del cultivo en momentos de menor sensibilidad al déficit hídrico. En base al conocimiento de la fisiología de cada cultivo, se determina en qué momento regar, para aprovechar al máximo el agua disponible.

La productividad de las plantaciones depende en gran medida de una irrigación adecuada. Para algunos cultivos, el período de crecimiento y desarrollo de los frutos es muy corto, comparado con el período de crecimiento vegetativo. Por ejemplo, en Mendoza la cosecha del cerezo se realiza antes de la época más calurosa del verano. Las plantas siguen vegetando hasta el otoño, durante un período que se extiende por alrededor de 150 días; esto implica que aproximadamente el 80% de la evapotranspiración estacional del cerezo ocurre después de la cosecha. Esta característica hace que en esta especie sea particularmente importante controlar el crecimiento vegetativo del árbol. Plantas con excesivo vigor son poco precoces, poco productivas y de difícil manejo en el cultivo, especialmente durante la poda y cosecha, lo cual compromete la rentabilidad del monte frutal. Una **estrategia posible**

de control de crecimiento es el uso del RDC, que **consiste en imponer períodos de déficit hídrico estacional** que resulten en algún beneficio económico, generando al mismo tiempo importantes ahorros de agua. Sin embargo, se ha señalado la conveniencia de controlar con precisión el nivel de estrés²⁷.

4.3.3. Salinización de suelos

La baja eficiencia de riego parcelario y las importantes pérdidas por infiltración en la red de riego originan la aparición de graves problemas de salinización y saturación de los suelos. Esta situación afecta negativamente en su capacidad productiva. El último diagnóstico nacional sobre las áreas degradadas por salinidad y anegamiento, realizado por el INTA en el año 1984, detectó que el 40% de las áreas regadas del país tienen algún grado de limitación por problemas de salinidad y/o drenaje y que, la proporción del problema está balanceada en partes casi iguales (salinidad y drenaje). Más del 84% de las áreas afectadas se encuentran en las provincias de Mendoza, San Juan, Río Negro, Tucumán, Santiago del Estero y Salta²⁸. Sería recomendable **profundizar los estudios de técnicas para reducir la salinización**, incluyendo la determinación del agua necesaria para la lixiviación.

Utilización de efluentes tratados en áreas de cultivo restringido, inculadas a plantas de tratamiento:

El uso de aguas marginales en agricultura, además de aprovecharse para mitigar la aridez, está visto como una alternativa para la disposición final de los efluentes domésticos, lo que permite evitar la contaminación de los cauces receptores con los efluentes. Está reconocido que los efluentes domésticos tratados tienen un importante valor de uso directo cuando son utilizados como insumo en la producción agrícola, lo que incluye su potencial fertilizante²⁹. Aunque los efluentes son un recurso muy valioso, algunos contienen microorganismos que pueden llegar a ser patógenos. Por lo tanto, se debe poner especial cuidado en minimizar el riesgo que su uso representa para la salud de quienes consumen los productos regados y de los agricultores que manejan estos cultivos³⁰.

4.3.4. Huella hídrica

Se define como huella hídrica el volumen total de agua usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad. En algunos países desarrollados, se está estudiando la posibilidad de

²⁷ Adaptado de Podestá, L., R. Vallone, E. Sánchez y J. A. Morábito, 2010. Efecto del riego deficitario controlado sobre el crecimiento vegetativo en plantaciones jóvenes de cerezo (*Prunus avium* L.), Revista Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, 42 (1), pp. 73-91.

²⁸ Ortiz Maldonado, G., J. Morábito, L. Mastrantonio, E. Rearte, P. Bueno, N. Mustoni, 2009. Salinidad del agua freática en el área regadía del río Tunuyán superior, Mendoza-Argentina, Congreso Nacional del Agua 2009. Trelew, Chubut.

²⁹ Fasciolo, G.E., E. Gabriel, J. Morábito y F. Tozzi, Impactos agroeconómicos del riego con efluentes domésticos tratados en cultivos de ajo y cebolla.

³⁰ Fasciolo, G., E. Calderón, M. I. Meca y M. Rebollo, 2005. Contaminación microbiológica en ajos y suelos regados con efluentes domésticos tratados, Mendoza (Argentina), Revista Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, XXXVII (1), pp. 31-40.

exigir que se indique la huella hídrica de cada producto en su respectivo envase. Actualmente está en proceso de preparación la norma ISO 14046, que establecerá lineamientos para la determinación de la huella hídrica y cómo se la comunicará. Además de la **importancia de conocer la huella hídrica de cada producto y su relación con el lugar donde se produce**, se estará en condiciones de tener un panorama claro ante la posibilidad de barreras para arancelarias.

4.3.5. Contaminación por el uso de fertilizantes y pesticidas

El sector de la agricultura es uno de los que más contaminación indirectamente produce. Los causantes de la contaminación son los fertilizantes y plaguicidas utilizados para la fertilizar los suelos y para combatir las plagas que disminuyen la producción. Estos productos contaminan las aguas superficiales y los acuíferos, a través de las lluvias y de los riegos.

Para reducir tal contaminación **es necesario estudiar** cuáles son los **niveles óptimos de aplicación de fertilizantes y pesticidas** que se necesitan para maximizar la producción reduciendo al mínimo el deterioro de los recursos naturales, en particular del recurso hídrico.

Asimismo cómo reducir, **reemplazar o eliminar el uso de insumos químicos** como herbicidas, pesticidas (especialmente los más tóxicos) y fertilizantes, mediante la implementación de mejores prácticas agrícolas, el uso de controles biológicos para el manejo de plagas, que no sean tóxicos para los humanos, animales ni para los ecosistemas.

En los países desarrollados, su uso se restringe cada vez más mediante leyes e impuestos. Además, su uso será frenado por la creciente demanda de cultivos orgánicos, producidos sin la adición de productos químicos. Es probable que en el futuro aumente el uso de plaguicidas "inteligentes", variedades de cultivos resistentes y métodos ecológicos de control de plagas.

4.4. Agua y naturaleza. Manejo de cuencas.

4.4.1. Manejo de cuencas

a) Mantenimiento de ecosistemas

Determinación de caudales ambientales

El caudal ambiental es el régimen hídrico que se da en un río, humedal o zona costera para mantener ecosistemas y sus beneficios donde existen usos del agua que compiten entre sí y donde los caudales se regulan. Los caudales ambientales contribuyen de manera decisiva a la salud de los ríos, al desarrollo económico y a aliviar la pobreza; garantizan la disponibilidad constante de los muchos beneficios que aportan a la sociedad los ríos y los sistemas de aguas subterráneas sanos.

Resulta cada vez más claro que, a mediano y largo plazo, no satisfacer las necesidades de los caudales ambientales conlleva consecuencias desastrosas para muchos usuarios de los ríos. Abordar las necesidades hídricas de ecosistemas acuáticos implica a menudo disminuir el empleo de agua por parte de uno o más sectores. Se trata de elecciones difíciles, pero que tendrán que adoptarse para asegurar la salud a largo plazo de la cuenca y de las actividades que abarca.

Esto significa examinar la cuenca desde sus fuentes hasta los entornos costeros y de estuarios incluyendo sus humedales, llanuras inundables y sistemas conexos de aguas subterráneas. También significa tomar en cuenta los valores ambientales, económicos, sociales y culturales en relación con el sistema total. Para llegar a determinar un caudal ambiental, debe ponderarse una variada gama de resultados, desde la protección ambiental hasta las necesidades de industrias y de personas.

La mejor forma de determinar el caudal ambiental es dentro del contexto de marcos más generales de evaluación que contribuyen a la planificación de la cuenca fluvial. Estos marcos forman parte de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos y evalúan tanto la situación más general como los objetivos para la salud del río. Se basan en la participación de partes interesadas para resolver problemas existentes e incluyen evaluaciones basadas en escenarios de regímenes alternativos de caudales.³¹

b) Protección de las fuentes

Se entiende como "fuentes" a los ríos, lagos y acuíferos de los que se obtiene el agua que usamos con diversos propósitos.

Se reconoce generalmente que los recursos hídricos de un país requieren una gestión cuidadosa como forma de asegurar su continua disponibilidad y controlar su contaminación.

El objetivo que se plantea es la ejecución de **planes de ordenamiento territorial** con acciones concretas de protección de las condiciones naturales y **tecnologías como forestación y obras físicas de protección de fuentes, vertientes y cursos de agua**.

4.4.2. Gestión de eventos extremos (inundaciones y sequías)

La gestión del riesgo es entendida como un conjunto de acciones, mecanismos y herramientas cuyo propósito fundamental es intervenir sobre la amenaza o la vulnerabilidad de una determinada localidad, a fin de reducir el nivel de riesgo que ello representa para la misma población.

La gestión de riesgos hace énfasis en las actividades de prevención y mitigación, ya que la intención es reducir a límites considerables el riesgo presente a través de la

31

http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_agua/south_t rab agua inic/south agua cauda/

participación e integración de acciones tanto de los entes de desarrollo como de los actores sociales de una comunidad.

Sin dejar a un lado las acciones de preparación y respuesta para casos de desastres, se considera que la prevención y mitigación del riesgo es quien juega un papel muy importante para reducir los desastres, ya que dirige sus esfuerzos en intervenir la planificación y los procesos de desarrollo de las localidades, así como también los problemas ambientales, con el fin de evitar, impedir o disminuir los daños que pudiera causar un fenómeno natural o antrópico cuando se manifiesta en un lugar y tiempo determinado.

La prevención contra los daños causados por fenómenos naturales extremos es, en algunos casos, posible y mucho más eficiente que la atención de una emergencia causada por la ocurrencia de estos fenómenos, y más económica que la reconstrucción de los daños.

Para poder disponer de un sistema eficiente de prevención, es necesario crear, tanto en el ámbito de gobierno, como en la población en general, la conciencia de la **necesidad de planes de ordenamiento territorial y de sistemas de pronóstico climático y de predicción de extremos.**

Los sistemas de alerta temprana incluyen tres elementos, a saber: conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes; proceso y difusión de alertas comprensibles a las autoridades políticas y población; así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas.

El proceso de evaluación de riesgos se basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas, a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo.

Las medidas no estructurales se refieren a políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, compromiso público, y métodos o prácticas operativas, incluyendo mecanismos participativos y suministro de información, que puedan reducir el riesgo y consecuente impacto.

Para la puesta en práctica de todas estas medidas, juegan un **rol clave las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs).**