

wm.

AGUA Y ENERGÍA



EDITORIAL

Ramiro Aurín Lopera **2**

EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA: RETOS, SOLUCIONES
E INICIATIVAS DE LAS NACIONES UNIDAS

Josefina Maestu Unturbe
Carlos Mario Gómez **4**

¿RESTRINGIRÁ EL AGUA NUESTRO FUTURO ENERGÉTICO?

Diego Rodríguez
Antonia Sohns **14**

RETOS DEL CONOCIMIENTO PARA LA INTEGRACIÓN
DE LAS POLÍTICAS DE AGUA Y ENERGÍA

Zafar Adeel **24**

RETOS Y DESARROLLOS EN LOS CAMPOS
DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO DE AGUA:
EL PAPEL DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONU-IDI)

Christian Susan
John G. Payne **32**

PROMOCIÓN DE RESPUESTAS POLÍTICAS
TRANSFRONTERIZAS INTEGRADAS
SOBRE EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA

Annukka Lipponen
Mark Howells **44**

AGUA Y ENERGÍA, ALIANZA DECISIVA
PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

Ángel Simón Grimaldos **58**

AGUA Y ENERGÍA EN MÉXICO:
SINERGIAS PARA LA SUSTENTABILIDAD

Víctor Bourguett Ortiz
Ana Alicia Palacios Fonseca **64**

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS
ANALÍTICAS A LA PLANIFICACIÓN TRINÓMICA.
AGUA-ALIMENTOS-ENERGÍA
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Fernando Miralles-Wilhelm **76**

EL AGUA EN LA TRANSICIÓN
DEL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL.
PERSPECTIVAS A MEDIO PLAZO (2030)

César Lanza **86**

CUESTIONES RELACIONADAS
CON EL USO DE AGUA PARA LA GENERACIÓN
Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Frank Hamill
Angelos Findikakis **96**

AGUA Y ENERGÍA WM 2 - 2014

• **Consejo de administración**-Josefina Maestu Unturbe • Tomás A. Sancho Marco • **Consejo de redacción**-Josefina Maestu Unturbe • Tomás A. Sancho Marco • Ramiro Aurín Lopera • **Director**-Ramiro Aurín Lopera • **Dirección de producción editorial**-Marta López Raurell • **Colaboradores**-Josefina Maestu Unturbe • Carlos Mario Gómez • Diego Rodríguez • Antonia Sohns • Zafar Adeel • Christian Susan • John G. Payne • Annukka Lipponen • Marcos Howells • Ángel Simón Grimaldos • Víctor Bourguett Ortiz • Anna A. Palacios Fonseca • Fernando Miralles-Wilhelm • César Lanza • **Corrección de textos y traducción**-José Francisco Sáez Rubio • Raquel Cubero Calero • **Ilustraciones y portada**-Hiroshi Kitamura • **Diseño, maquetación y producción gráfica**-Intercom Strategys S.L. • **Impresión y encuadernación**-Gráficas Ortells S.L. • **Administración**-www.intercomstrategys.com / info@intercomstrategys.com • **Edita**-Oficina de Naciones Unidas de apoyo al Decenio «El agua, fuente de vida» 2005-2015/Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio • WCCE - World Council of Civil Engineers • Fundación Aqueae



Esta publicación no necesariamente comparte las opiniones de sus colaboradores.

Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad del equipo editorial y no reflejan necesariamente las del Secretariado de Naciones Unidas ni las de la Oficina de Naciones Unidas de apoyo al Decenio Internacional para la Acción (ONU-DiPA) "El agua, fuente de vida" 2005-2015.

Las denominaciones empleadas y la presentación del material incluido en esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión ni la toma de posición por parte del Secretariado de Naciones Unidas ni de la ONU-DiPA "El agua, fuente de vida" 2005-2015 con relación a la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o área o sus autoridades o acerca de la delimitación de sus fronteras o límites.

Está prohibida la reproducción total o parcial de cualquier texto o material gráfico del presente número, por cualquier medio, excepto autorización expresa y por escrito de los editores previo acuerdo con los correspondientes autores.

Hace un año, en el número uno de Water Monographies, decíamos que el problema del agua no era de escasez sino de disponibilidad. Y esa disponibilidad depende, decíamos, de las tecnologías adecuadas, quizás por venir, fruto de la cooperación humana sublimada en inteligencia. Tecnologías que necesitan energía como nosotros mismos. Somos agua, pero vivimos por y de la energía. Ese agua difícil necesita de la gestión inteligente de la energía.

En mecánica cuántica, la energía de un sistema abierto no es fija, sino que es una variable aleatoria con una probabilidad de tener cada valor. Es posible tener la energía necesaria para tener el agua necesaria. No hay precedencia, no hay prevalencia, no para nosotros los seres humanos, pura probabilidad, esencia cuántica.

El término energía (del griego ἐνέργεια [enérgeia], "actividad", "operación"; de ἐνεργός [energós], "fuerza de acción" o "fuerza trabajando") se relaciona con la idea de la capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento. También puede destruir por exceso. El agua humaniza la energía; la refrigera, la atempera, la controla, la aprovecha. También la contiene y la entrega cuando está en movimiento. Somos la energía transformada y somos el agua trabajando. La energía ofrece la posibilidad, y el agua la transforma en vida. Masculino y femenino de una misma moneda. No cara y cruz, sino dos partes que unidas conforman la vida. Y también la nuestra. La naturaleza indica el camino de esa cooperación imprescindible.

Agua disponible para la energía, energía disponible para el agua, y la cooperación de la inteligencia planeando sobre todo.

Por eso estamos aquí de nuevo juntos, un año después, en Water Monographies, para recordar reflexionando que ese vínculo no es fruto de nuestra voluntad, sino que nos precede y es eterno. Aunque a veces nos guste tanto nadar contra corriente.

Ramiro Aurín



La humana es la energía más importante para mover el mundo. (© Ilustración: Hiroshi Kitamura)

EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA:

RETOS, SOLUCIONES E INICIATIVAS DE LAS NACIONES UNIDAS

Josefina Maestu y Carlos Mario Gómez



DESCRIPTORES:
CONFERENCIA ONU-AGUA
AGUA
ENERGÍA
EQUIDAD
SOSTENIBILIDAD
COOPERACIÓN

INTRODUCCIÓN



En enero de 2014, varias agencias, programas y organizaciones del sistema de las Naciones Unidas se reunieron con los profesionales del agua en la Conferencia Anual de Zaragoza de ONU-Agua, para discutir sobre el binomio Agua-Energía: en preparación para el Día Mundial del Agua. El tema de la Conferencia se justifica por la importancia fundamental de asegurar el acceso equitativo, la eficiencia y la sostenibilidad en los ámbitos del agua y la energía como condición previa para el desarrollo sostenible. Nació el concepto en la Conferencia de Río +20 en 2012, el binomio Agua-Energía ascendió rápidamente para convertirse en una de las acciones prioritarias de la agenda internacional para el desarrollo sostenible Post-2015, una vez reconocida su importancia como promotor y condicionante para el desarrollo humano. Esta agenda tomará forma definitiva en la Asamblea General de las Naciones Unidas del 2015 y su puesta en práctica requerirá elaborar respuestas adecuadas, gestionar las múltiples externalidades inducidas, identificar las sinergias y maximizar los beneficios conjuntos de una gestión integrada del agua y la energía.

La conferencia de Zaragoza de ONU-Agua organizada en el marco del Decenio Internacional para “Agua para la Vida” 2005-2015, fue un paso más en la concepción

de esta Agenda. La Conferencia sirvió a los objetivos de la década de promover esfuerzos para cumplir los compromisos internacionales sobre el agua y sus cuestiones relacionadas para el año 2015. Este enfoque se basa en la promoción de la cooperación a todos los niveles implicando en ésta a las mujeres, con el fin de lograr las metas relativas al agua presentes en la Declaración del Milenio, la de Johannesburgo, el Plan de Aplicación de la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible y la Agenda 21. Este artículo presenta algunos de los principales debates y propuestas formuladas en dicha conferencia.

RETOS DEL BINOMIO AGUA-ENERGÍA



Los participantes en la Conferencia de Zaragoza discutieron sobre los diferentes desafíos del binomio Agua-Energía. Entre ellos, el Banco Mundial, la OCDE y el Programa Mundial de Evaluación del Agua de la UNESCO explicaron que asegurar el acceso al agua y la energía es un desafío social. Esto es particularmente cierto para el extracto más pobre de la sociedad, para el cual el cumplimiento de los objetivos de desarrollo del Milenio está aún pen-



Fig. 1. Conferencia Internacional Anual de ONU-Agua de Zaragoza. Preparación para el Día Mundial del Agua 2014.

diente así como la falta de un acceso adecuado al agua, al saneamiento y la energía para cubrir las necesidades básicas, hecho que sigue siendo el principal obstáculo para la superación de la pobreza y la exclusión.

De hecho, las organizaciones del sistema de Naciones Unidas afirmaron que los crecimientos económico y demográfico han sido y seguirán siendo los principales impulsores de la demanda de agua y energía en un futuro próximo y presionarán aún más la aparición de escenarios de escasez de agua y energía. La transición hacia una sociedad desarrollada requiere un acceso seguro y adecuado al agua y la energía para sus ciudadanos, puesto que en la práctica totalidad de bienes y servicios, el agua y la energía intervienen como factores de producción, y para el propio medio ambiente, ya que del suministro continuo de agua dulce dependen muchas fuentes de energía.

En virtud de la OCDE (2012) en su escenario de referencia para

el año 2050, la economía mundial aumentará cuatro veces su tamaño actual. Esto se espera que resulte en un aumento inferior al proporcional en la demanda de agua, pero aún así requerirá un 55% más de agua. Se espera que la demanda doméstica de agua crezca un 130% debido al efecto combinado de una mayor población y mejores niveles de vida. Se espera que los mayores incrementos en la demanda de agua provengan de la manufactura (+ 400%) y de las centrales térmicas (+ 140%).

Estas proyecciones están en línea con las estimaciones para el año 2035 de la demanda de energía y su consumo que se espera se incrementen en un 35% más que en 2010 induciendo un aumento más que proporcional del 85% en el consumo de agua (EA, 2012).

Con el suministro sostenible de agua dulce anual total permaneciendo estable en 4.200 millones de m³, el déficit anual esperado para 2030 está previsto que sea 2.765 millones

de m³, el 40% de la demanda total, en el supuesto de que las tendencias actuales continúen. Para la India y la República Popular de China (PRC) se prevé un déficit combinado de 1.000 millones de m³ con déficits del 50% y 25%, respectivamente (2030 WRG).

En muchas áreas del mundo el desarrollo de las formas más comunes de energía (electricidad a partir del carbón/térmica e hidroeléctrica) está limitado por la disponibilidad de agua. En las regiones con escasez de agua, tanto en las economías pobres como aquellas en transición, esto es ya una realidad conocida. Pero la falta futura de recursos, no impidió la construcción de instalaciones de generación de electricidad que sólo pueden en la actualidad trabajar por debajo de su capacidad prevista.



Un futuro con mayores restricciones de agua afectará a la fiabilidad y los costes del sector energético. De hecho, la escasez de agua es principalmente la consecuencia imprevista de muchas iniciativas en otras áreas como la agricultura, la manufactura, la electricidad o el desarrollo de la tierra que son evaluadas y aceptadas en base a la siguiente premisa: que el agua disponible en el futuro será básicamente el mismo que el actual .

La industria de la energía ya se enfrenta a riesgos relacionados con el agua

- En los *EE.UU.*, varias centrales han tenido que cerrar o reducir su capacidad de generación de energía debido a los bajos caudales de agua de refrigeración disponibles o la elevación de temperatura de la misma.
- En 2003 en *Francia* una ola de calor prolongada obligó a EdF a limitar la producción de energía nuclear equivalente a la pérdida de 4-5 reactores, con un coste de unos 300 millones de € por importación de electricidad.
- En 2012 un retraso del monzón en la *India* elevó la demanda de electricidad (para satisfacer el bombeo



Fig. 2. Familias nigerianas se enfrentan a la sequía y al alza de precios de los alimentos. Bargadja, Níger.
© UN Photo/PMA/Phil Behan.

de aguas subterráneas para el riego) y redujo la generación hidroeléctrica contribuyendo a apagones que duraron dos días y afectaron a más de 600 millones de personas.

- La sequía de 2011 en *China* limitó la generación hidroeléctrica a lo largo del río Yangtze, contribuyendo a una mayor demanda de carbón (y subida de los precios) y obligando a algunas provincias a implementar estrictas medidas de

eficiencia energética y el racionamiento de la electricidad.

- La exposición a recurrentes y prolongadas sequías amenazan la capacidad hidroeléctrica en muchos países, como Sri Lanka, China y Brasil.

SOLUCIONES PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Un futuro sostenible es posible dentro de las posibilidades de los recursos existentes. El inventario y la evaluación de las mejores tecnologías del agua y de la energía disponibles muestran que hay margen de mejora en el desarrollo humano. Existen muchas alternativas que son compatibles con el crecimiento y el desarrollo y también permiten hacer posible revertir las tendencias de degradación naturales y la edificación de una sociedad más adaptable y más resistente. Sin embargo, el optimismo relativo de esta conclusión no puede ensombrecer la magnitud del desafío de transformar esta promesa en una realidad.

Una condición esencial para aprovechar estas oportunidades consiste en reconocer cómo los sistemas de agua y energía del mundo están inextricablemente unidos. Se necesitan cantidades significativas de agua en casi todos los procesos energéticos (desde la generación de hidroeléctrica, la refrigeración y otros fines en las centrales térmicas, a la extracción y procesamiento de combustibles fósiles). La generación de energía de fuentes convencionales requiere la movilización y la utilización de considerables recursos hídricos, en particular para el enfriamiento de las plantas de energía nuclear y térmica, y el almacenamiento en depósito y posterior conducción de turbinas para la generación hidroeléctrica. La generación de electricidad es particularmente sensible a la disponibilidad de agua y varias centrales se han visto obligadas a cerrar debido a la falta de agua de refrigeración o elevación de temperaturas de la misma.

Por el contrario, el sector del agua necesita energía –principalmente en forma de electricidad– para extraer, tratar y transportar el agua. La degradación de las fuentes de agua implica el aumento de la cantidad de energía para bombear la misma cantidad de agua de acuíferos más profundos o fuentes más lejanas. Cualquier alternativa para reasignar el agua a sus usos más productivos puede requerir energía para su transporte y para adaptar la calidad del agua a sus nuevos usos y lugares.

El agua necesita energía, la energía necesita agua y el desarrollo humano necesita ambos. Uno de los principales riesgos en la búsqueda de una trayectoria de desarrollo sostenible proviene de ignorar el hecho básico de que no existe otra opción para la gestión de los retos del agua y de la energía que de una manera integrada. Estos riesgos están presentes en algunas de las alternativas más importantes asumidas para hacer frente a los desafíos del agua y de la energía.

El estrés hídrico podría aportar una presión adicional a la demanda de energía. Llegar más lejos y más profundo para obtener agua, debido a su escasez, requiere de más energía para su transporte y bombeo. Las fuentes no convencionales que pueden compensar la falta de agua dulce pueden requerir procesos de transformación intensivos en energía, como la desalinización de agua de mar y salobre o la regeneración de aguas residuales.

La creciente demanda de suministros de agua limitados pone una presión creciente sobre los productores



Fig. 3. Una vista de los paneles solares en la Fuerza Interina de la ONU en la Base del Líbano (FPNUL). Naqoura, Líbano. © UN Photo/Pasqual Gorriz.

de energía con consumos intensivos en agua a buscar enfoques alternativos, especialmente en áreas donde la energía compite con otros usos principales del agua (agricultura, manufactura, servicios de abastecimiento y saneamiento para las ciudades) y allí donde los usos del agua se encuentren limitados para mantener la salud de sus ecosistemas.

El acceso a la energía podría empeorar la crisis del agua. Incertidumbres relacionadas con el crecimiento y la evolución de la producción mundial de energía (por ejemplo, a través de un crecimiento en fuentes no convencionales de gas y petróleo,

o los biocombustibles), y el precio de la energía pueden crear un riesgo significativo para los recursos hídricos y otros usuarios. El impulso creciente en la producción de biocombustibles ha generado una demanda creciente sobre los recursos hídricos. Incluso un modesto 5% de participación de los biocombustibles en la demanda de transporte por carretera (según lo predicho por la Agencia Internacional de la Energía en su horizonte 2030) podría aumentar la demanda doméstica de agua para el riego hasta en un 20% (WWDR, 2012).

Las múltiples interdependencias entre el agua y la energía hacen que cualquier respuesta deba abordar los dos sectores de una manera integrada. La ignorancia de estos hechos básicos puede conducir a respuestas que traten de adoptar alternativas que solucionen un problema a costa de empeorar otro y que pueden no resultar al final.

Las respuestas coordinadas deben aprovechar las sinergias existentes entre el agua y la energía. En lugar de ignorar sus interdependencias, las respuestas coordinadas deben tomar ventaja de dichas sinergias. Ahorrar energía significa ahorrar agua y viceversa. Mejorar la eficiencia en la forma en que el agua se utiliza, no sólo se traduce en una menor presión sobre las fuentes de agua dulce, sino también en una reducción de la demanda de energía para el tratamiento, bombeo y transporte de dicha agua y por tanto en una menor demanda de agua para producir la energía necesaria para dicho tratamiento. Avanzar hacia fuentes de energía menos intensivas en agua y fuentes de agua menos intensivas en energía, el ahorro de agua y energía en cualquier proceso de producción y consumo y la reasignación de agua y energía para sus usos más valiosos, son todas alternativas



que aprovechan estas sinergias permitiendo producir más con menos.

Las soluciones vinculadas al binomio Agua-Energía pueden y deben ser implementadas a través de la creación de alianzas para que *permitan una actuación conjunta y el apoyo en la búsqueda y aplicación de medidas eficaces*. La creación de alianzas comprende realizar acuerdos para disfrutar de los beneficios de la cooperación en el sector del agua y la energía. Los desafíos relativos al binomio Agua-Energía se encuentran más allá del alcance de cualquier autoridad pública individual, empresa o parte interesada, pero las acciones pueden ser coordinadas de tal manera que el todo sea mayor que la suma de sus partes.

Las alianzas *pueden involucrar a diferentes actores* de las comunidades de la energía y del agua, incluyendo empresas, distintos niveles del gobierno, sociedad civil, mundo académico

y todos aquellos que tengan un interés en encontrar el camino hacia una respuesta social sostenible respecto de los retos del agua y de la energía. Sin dejar de reconocer la diversidad de percepciones, intereses y roles, todas las alianzas deben coincidir en cooperar para alcanzar un beneficio mutuo.

Los beneficios mutuos son esenciales para lograr que las alianzas trabajen para el desarrollo sostenible. Por ejemplo, una política creíble para aumentar la seguridad del agua a largo plazo puede reducir el riesgo de las inversiones del sector energético. Además, un aumento simultáneo de la seguridad de suministro de agua y la energía puede redundar en importantes ventajas competitivas para toda la economía nacional. Una estrategia de agua y de energía a largo plazo con objetivos claros al respecto de los sectores del agua y la energía, mediante la identificación del rol potencial de

las energías renovables y los recursos hídricos no convencionales, podría acelerar la difusión de las mejores tecnologías disponibles y fomentar la innovación. Éstas son sólo algunas de las sinergias que se pueden crear mediante alianzas con el fin de garantizar un desarrollo sostenible.

Pero estas alianzas *requieren un entorno favorable*. Las instituciones y la técnica aún favorecen el desconocimiento mutuo de los problemas del agua y la energía, tanto en la actividad empresarial como en la formulación de políticas. Los riesgos del agua no son considerados adecuadamente en la evaluación de proyectos y planes de energía y las cuestiones energéticas siguen desempeñando un rol marginal en la evaluación de los proyectos hídricos y de planes hidrológicos de cuenca.

Las alianzas pueden tener *múltiples funciones*. Pueden servir para

integrar políticas y ampliar su alcance y mejorar la eficacia de la planificación energética e hídrica, así como para coordinar las diferentes políticas sectoriales, como la ordenación del territorio, el desarrollo rural, la conservación de la naturaleza, la manufactura, etc., todos dentro de un uso sostenible del agua y la energía.

Las alianzas eficaces son construcciones sociales que *se desarrollan mediante el compromiso* y la confianza mutuos y cuando tienen éxito pueden hacer importantes contribu-

ciones a la gobernanza del agua y la energía. Favorecer la implementación de decisiones transparentes, inclusivas y legitimadas, propicia una mejor regulación y mejores marcos institucionales, entre otras ventajas.

Las alianzas son también foros de conocimiento. Permiten identificar oportunidades para mejorar el acceso al agua y la energía, su eficiencia y sostenibilidad, así como encontrar la manera de poner en práctica soluciones más sostenibles beneficiosas para todos. Permiten aprender de las

comunidades del agua y la energía; mejoran la capacidad de anticipar riesgos y aprender de los fracasos, mejorando las posibilidades de éxito. Desde una perspectiva más amplia, estas alianzas permiten la construcción de una visión compartida de los desafíos implícitos de la gestión conjunta del agua y la energía y allanan el camino para la aceptación de decisiones difíciles que deben tomarse en el corto plazo para recuperar una tendencia sostenible en el medio y largo plazo.

EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA EN LAS INICIATIVAS DE LA ONU

Desde la Conferencia de Bonn sobre el binomio Agua-Energía (*El trinomio agua, energía y seguridad alimentaria: Soluciones para una Economía Verde*, 16-18 de noviembre de 2011) de las Naciones Unidas, se ha desarrollado un diálogo para promover la búsqueda de vías de desarrollo sostenible mediante el aumento de coherencia de las políticas del agua y la energía.

El sistema Naciones Unidas –en estrecha colaboración con sus socios internacionales y los donantes– está atrayendo colectivamente su atención sobre el binomio Agua-Energía. Se está prestando especial atención a la identificación de las mejores prácticas que permitan que una “industria verde” eficiente en agua y energía “se convierta” en realidad: en la actualidad, diversas metodologías se están aplicando para mejorar la productividad industrial, reduciendo a su vez los consumos de agua y energía.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro, en junio de 2012, marcó un hito importante. La ONU reunió a gobiernos, instituciones internacionales y los grupos principales para acordar una serie de medidas inteligentes que permitan reducir la pobreza, promoviendo el empleo digno, la energía limpia y el

uso más sostenible y equitativo de los recursos. Bajo estas premisas, asegurar el abastecimiento de agua y la energía se considera en la actualidad una prioridad clave en los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible y el diálogo sobre su desarrollo Post-2015.

Para alcanzar estos objetivos, la ONU ha organizado las siguientes acciones:

- *Década de la Energía Sostenible para Todos (2014-2024).* A través de la Resolución 67/215, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el decenio 2014-2024 como la Década de la Energía Sostenible para Todos. La Década pone de relieve la importancia de las cuestiones de energía para el desarrollo sostenible y para la elaboración de la agenda de desarrollo Post-2015. Destaca la importancia de mejorar la eficiencia energética, el aumento de la cuota de las energías renovables y tecnologías limpias y energéticamente eficientes. Una mejora de la eficiencia de los modelos energéticos reduciría la presión sobre el agua.
- *Iniciativa "Energía Sostenible para Todos".* La Iniciativa "Energía Sostenible para Todos" es una alianza de múltiples partes interesadas entre gobiernos, el sector privado y la so-

ciudad civil. Puesta en marcha por el Secretario General de la ONU en el 2011, tiene tres objetivos a alcanzar para el año 2030: (1) asegurar el acceso universal a servicios energéticos modernos; (2) duplicar la tasa global de mejora de la eficiencia energética; (3) duplicar el porcentaje de las energías renovables en el mix energético global.

- *ONU-Energía.* Establecido en 2004, ONU-Energía se inició como un mecanismo para promover la coherencia y la colaboración interinstitucional en el ámbito de la energía y para desarrollar un mayor compromiso colectivo entre las Naciones Unidas y otros partes interesadas clave externas. El trabajo de ONU-Energía se organiza en torno a tres núcleos temáticos: (1) acceso a la energía; (2) energías renovables; y (3) eficiencia energética.
- *Organización de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (ONUDI).* El objetivo principal de la ONUDI es la promoción y aceleración del desarrollo industrial integrado y sostenible en los países en desarrollo, mediante la utilización de prácticas sostenibles centradas principalmente en la seguridad hídrica y energética, y en los países con economías en transi-



Fig. 4. La energía geotérmica se convierte en electricidad y se utiliza también para calentar casas verdes. Taupo, Nueva Zelanda. © UN Photo/Evan Schneider.

ción, mediante la promoción de la cooperación industrial internacional hacia un desarrollo sostenible.

- *Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA)*. El PNUMA coordina las actividades ambientales de las Naciones Unidas, ayudando a los países en desarrollo en la implementación de políticas y prácticas ambientalmente adecuadas. El binomio Agua-Energía, sus interdependencias y las mejores prácticas relacionadas con la energía y el agua se han destacado en su amplia gama de publicaciones. El PNUMA ha desempeñado un papel significativo en el desarrollo de convenios internacionales relativos al agua, la energía y otros temas, promoviendo las ciencias ambientales e ilustrando la forma en que éstas se pueden implementar conjuntamente con la política, trabajando en el desarrollo e implementación de políticas con los gobiernos nacionales y las instituciones regionales conjuntamente con las Organizaciones no Gubernamentales (ONG).
- *Iniciativa “Energía Sedienta” del Banco Mundial*. Para apoyar los esfuerzos de los países para hacer frente a los desafíos en gestión de la energía y el agua de forma proactiva, el Banco Mundial se

ha embarcado en una iniciativa global: esta iniciativa “Energía Sedienta” tiene como objetivo ayudar a los gobiernos a prepararse para un futuro incierto, y romper los muros disciplinares que impiden la planificación intersectorial. Con el sector de la energía como punto de entrada, “Energía Sedienta” cuantifica las compensaciones e identifica las sinergias entre la gestión de los recursos hídricos y los energéticos. Esta iniciativa demuestra la importancia de una gestión combinada del agua y la energía, desarrollando estudios bajo demanda en varios países, proporcionando ejemplos de cómo las herramientas operativas de gestión de recursos basadas en la evidencia pueden favorecer un desarrollo sostenible. Este conocimiento creado será compartido de manera más amplia con otros países que se enfrentan a retos similares. Esta iniciativa aporta planteamientos en función de los recursos disponibles, experiencia de modelado y las realidades institucionales y políticas de un país. Con el fin de garantizar la autoría del cliente y una planificación integrada exitosa, la iniciativa se centra en desarrollar la capacidad de las partes interesadas perti-

mentos y el aprovechamiento de los esfuerzos y conocimientos existentes. El reto del agua es demasiado grande para cualquier organización como para abordarse por sí solo.

- *El Informe sobre el Desarrollo Mundial del Agua 2014*. El Informe sobre el Desarrollo Mundial del Agua 2014 (WWDR) ofrece respuestas a preguntas clave como: ¿cuáles son las implicaciones del binomio Agua-Energía en los ODS?, ¿cómo podemos hacer mejores políticas para su manejo integrado y su gobernanza?, ¿cómo podemos mostrar ejemplos que ilustren el binomio Agua-Energía?, ¿cómo podemos crear entornos propicios –marcos de colaboración público/privada, de fijación de precios, de mejora de acceso conjunta– urbana/rural?, y por último, ¿cómo garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de agua y energía?

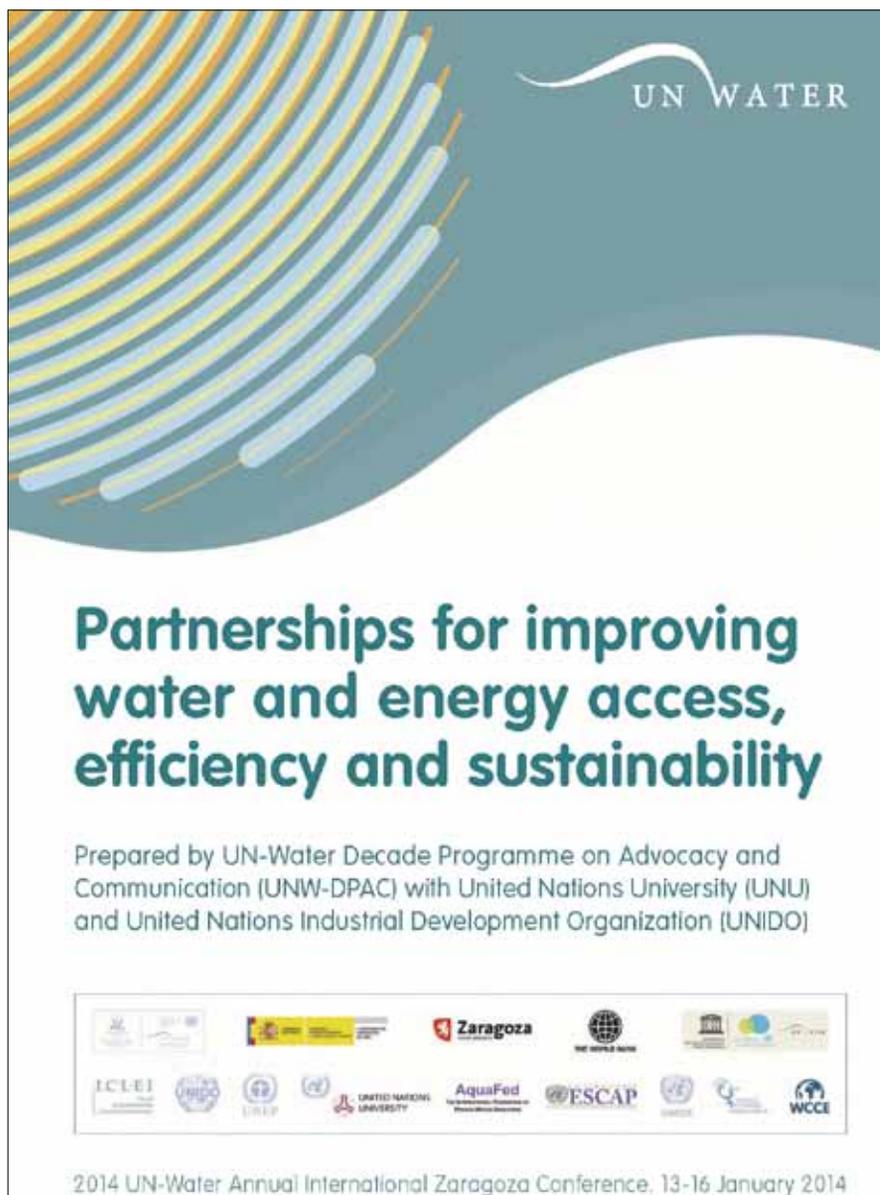


Fig. 5. Portada del informe final de “Alianzas para mejorar el acceso al agua y la energía, eficiencia y sostenibilidad”.

A MODO DE CONCLUSIÓN

El Día Mundial del Agua (DMA) se celebra anualmente el 22 de marzo como un medio de llamar la atención sobre la importancia del agua dulce y la defensa de la gestión sostenible de dicho recurso. Cada año, el Día Mundial del Agua destaca un aspecto específico del agua dulce. Este año 2014, el enfoque se basa en temas de agua y energía. La Universidad de las Naciones Unidas (UNU) del agua y la Organización de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (ONU-

DI) desarrollaron las celebraciones oficiales. Durante el Día Mundial del Agua (DMA) celebrado en Tokio, Japón, los días 20 y 21 marzo 2014, se abordó el binomio Agua-Energía en el contexto del desarrollo sostenible. El Día Mundial del Agua tuvo por objeto la sensibilización a una amplia gama de sectores empresariales y del gobierno para resolver retos del agua y energía de una manera coherente.

Con motivo del Día Mundial del Agua, se presentaron los “Water

Life Awards”, Premios a las Mejores Prácticas Hídricas de UN-Water. El Instituto Internacional de Gestión del Agua Programa de Política del Agua (IWMI) - Tata (ITP) en la India y el programa NEWater en Singapur han sido los ganadores de los premios del 2014. ITP cubrió con éxito la brecha entre la investigación y la acción política para mejorar el uso del agua subterránea en la India a través de la implementación de infraestructuras energéticas y mejoras en sus políticas. NEWater aplica la reutilización de agua, no siendo un concepto nuevo, siendo original su exitosa implementación a gran escala y su plan de concienciación pública junto con sus actividades participativas y programas de educación pública, que han permitido el desarrollo de un servicio con un éxito exponencial. Ambos son ejemplos inspiradores de cómo este enfoque puede ayudar a mejorar el acceso al agua y energía, su eficiencia y sostenibilidad.

Como se ha explicado, la Conferencia de Zaragoza abordó los retos, las relaciones y alianzas que hacen posible poner en práctica soluciones para garantizar el acceso, eficiencia y sostenibilidad en la provisión de agua y energía. Durante la conferencia se presentaron iniciativas exitosas que están allanando el camino para abordar este binomio. Algunos de los participantes de la ONUDI, Greenpeace, el Banco Mundial y la Universidad de las Naciones Unidas están presentes en la primera parte de esta publicación, coordinada por UNW-DOAC, ofreciendo ejemplos del camino a seguir.

En la primera parte de esta publicación Diego Rodríguez del Banco Mundial aborda los retos en el sector público para una planificación energética e hídrica integradas; Zafar Adeel, director del Instituto de la Universidad de las Naciones Unidas para el Agua, el Medio Ambiente y la Salud (UNU-INWEH) aborda los retos de conocimiento para el diseño e implementación de políticas

integradas sobre el agua y la energía; Christian Susan y John G. Payne de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) presentan los retos y avances de la Industria en los campos de Agua y Eficiencia Energética y el papel de la ONUDI al respecto; Annukka Lipponen y Mark Howells, Técnicos de Asuntos Ambientales de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNE-

CE) cómo UNECE está promoviendo respuestas políticas respecto del binomio Agua-Energías.

Josefina Maestu

Directora de la Oficina de las Naciones Unidas de apoyo al Decenio Internacional para la Acción: El agua, fuente de vida 2005-2015

Carlos Mario Gómez

Universidad de Alcalá



Referencias bibliográficas

- 2014 UN-Water Annual International Zaragoza Conference. Preparing for World Water Day 2014: Partnerships for improving water and energy access, efficiency and sustainability. UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication (UNW-DPAC) http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_energy_2014/index.shtml
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Nations World Water Assessment Programme (WWAP), UN-Water. (2006). United Nations World Water Development Report 2. Chapter 9 "Water and Energy".
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Nations World Water Assessment Programme (WWAP), UN-Water. (2009) United Nations World Water Development Report 3. Part 2, Chapter 7 "Evolution of water use".
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Nations World Water Assessment Programme (WWAP), UN-Water. (2012) United Nations World Water Development Report 4. Volume 1: Managing Water under Uncertainty and Risk.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). 2012 The Dynamics of Global Water Futures Driving Forces 2011-2050.
- United Nations Environment Programme UNEP (2011) Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.
- United Nations Industrial Development Organization UNIDO. (2012) Industrial Development Report 2011: Industrial energy efficiency for sustainable wealth creation.
- United Nations Industrial Development Organization UNIDO, 2011. Unido Green Industry Initiative for Sustainable Industrial Development. Vienna.
- United Nations Secretary-General (2012). Sustainable Energy For All (SE4ALL) initiative.
- United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU-INWEH). (2012) Global Water Crisis: Addressing an Urgent Security Issue. Papers for the InterAction Council, 2011-2012.

- UN-Water, United Nations University (UNU) Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief.
- World Bank Water Partnership Program (WPP). (2013) Thirsty Energy.
- World Bank (2012) The Future of Water in African Cities: Why Waste Water?
- World Bank (2012) Water Partnership Program (WPP). Strengthen, Secure, Sustain.

Referencias web

- The World Bank. <http://water.worldbank.org/node/84122>
- Agricultural exposure to water stress. <http://www.wri.org/applications/maps/agriculturemap/#x=-49.22&y=-1.68&l=2&v=home&d=gmia>
- Beijing High-Level Conference on Climate Change: Technology Development and Technology Transfer. National Development and Reform Commission, Department of Climate Change, P.R. China. 2008. http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1463aide_memoire_beijing_hlccc.pdf
- Changing Expectations. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/global-water-trends/changing-expectations/>
- Climate Change. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/global-water-trends/climate-change/>
- Declining Water Quality. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/global-water-trends/declining-water-quality/>
- Global Trends 2030: Alternative Worlds. National Intelligence Council. 2012. http://www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf
- How to Feed the World in 2050. FAO. 2009. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Increasing Water Demand. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/global-water-trends/increasing-water-demand/>
- Joining Forces for Change: Demonstrating Innovation and Impact through UN-Business

- Partnerships. UN Global Compact Office. 2007. http://www.unglobalcompact.org/docs/news_events/8.1/Joining_forces_for_change.pdf; <http://www.fao.org/NEWSROOM/EN/news/2007/1000494/index.html>; Measuring water use in a green economy, United Nations Environment Programme, Paris, France. UNEP International Resource Panel. 2012,
- Physical Risk. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/water-related-business-risks/physical-risks/>
- Reputational Risk. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/water-related-business-risks/reputational-risks/>
- Regulatory Risk. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/water-related-business-risks/regulatory-risks/>
- Risks by Industry Sector. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/water-related-business-risks/risks-by-industry-sector/>
- *Risks in The Value Chain*. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/risks-in-the-value-chain/>
- *Shared Risk*. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/shared-risk/>; http://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/onu/en/detallePer_Onu?id=479
- Unmet Environmental, Social, and Economic Needs. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/global-water-trends/unmet-needs/>
- Water Governance for Poverty Reduction. United Nations Development Programme (UNDP). 2004. http://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/water-governance/water-governance-for-poverty-reduction/UNDP_Water%20Governance%20for%20Poverty%20Reduction.pdf
- Water in a changing world (The United Nations World Water Report 3). UN Water. 2009. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/WWDR3_Facts_and_Figures.pdf
- Water Scarcity and Unsustainable Supply. CEO Water Mandate website. <http://ceowatermandate.org/business-case/global-water-trends/water-scarcity-and-unsustainable-supply/>

¿RESTRINGIRÁ EL AGUA NUESTRO FUTURO ENERGÉTICO?

Diego J. Rodríguez y Antonia Sohns



DESCRIPTORES:
ENERGÍA SEDIENTA
PLANIFICACIÓN INTEGRADA
ANÁLISIS ECONÓMICO
CAMBIO CLIMÁTICO
RIESGO E INCERTIDUMBRE

INTRODUCCIÓN



Nuestros recursos hídricos, alimenticios y energéticos se encuentran bajo la creciente presión de una población y una economía en crecimiento, y en la que muchos ya tienen dificultades para obtener acceso a estos recursos. En 2012, 2.500 millones de personas carecían de acceso o tenían un acceso poco fiable a la electricidad (EIA 2012), y 2.800 millones de personas vivían en zonas de alto estrés hídrico (WWAP 2012). A medida que las economías crecen y se diversifican, los consumos de agua se amplían compitiendo para incluir usos municipales e industriales más intensivos, así como una demanda añadida desde la agricultura. En 2050, economías emergentes como las de África generarán 7 veces más electricidad de la que generan hoy en día, y en Asia, la producción de energía primaria se duplicará siendo la producción de electricidad más del triple para ese mismo año (ver Figura 1) (*Consejo Mundial de la Energía, 2010*).

La rápida urbanización y el cambio climático aumentarán las dificultades para proporcionar un suministro adecuado y una disponibilidad del mismo en todos los sectores. Además, la variabilidad del clima atmosférico y sus episodios extremos correspondientes ya están causando grandes inundaciones y sequías poniendo poblaciones,

modos de vida y bienes en peligro. Esta variabilidad es probable que empeore según las estimaciones actuales. El número de personas afectadas por desastres relacionados con el clima se ha duplicado cada década durante los últimos 40 años (*Banco Mundial 2010*). Una disminución de la calidad del agua impacta negativamente en el crecimiento, ya que degrada los ecosistemas; causa enfermedades relacionadas con la salubridad; limita la actividad económica; y aumenta los costos de tratamiento de aguas residuales. La escasez debida a la no disponibilidad o mala calidad de las aguas no sólo es causada por factores físicos, sino también por aspectos políticos y económicos que afectan a la asignación, disponibilidad y uso de la misma.

Esta variabilidad en el suministro de agua y la calidad de los recursos hídricos es cada vez más reconocida como una limitación importante para las empresas energéticas con riesgos inherentes asociados a ésta (ver Figura 2).

En 2013, el Informe Global del Agua del CDP encontró que el 82% de las empresas productoras de energía y el 73% de las empresas de suministro de energía indicaron que el agua es un riesgo sustancial en la operativa de su negocio, y el 59% de las empresas productoras de energía y el 67% de las suministradoras han experimentado impactos en su negocio relacionados con

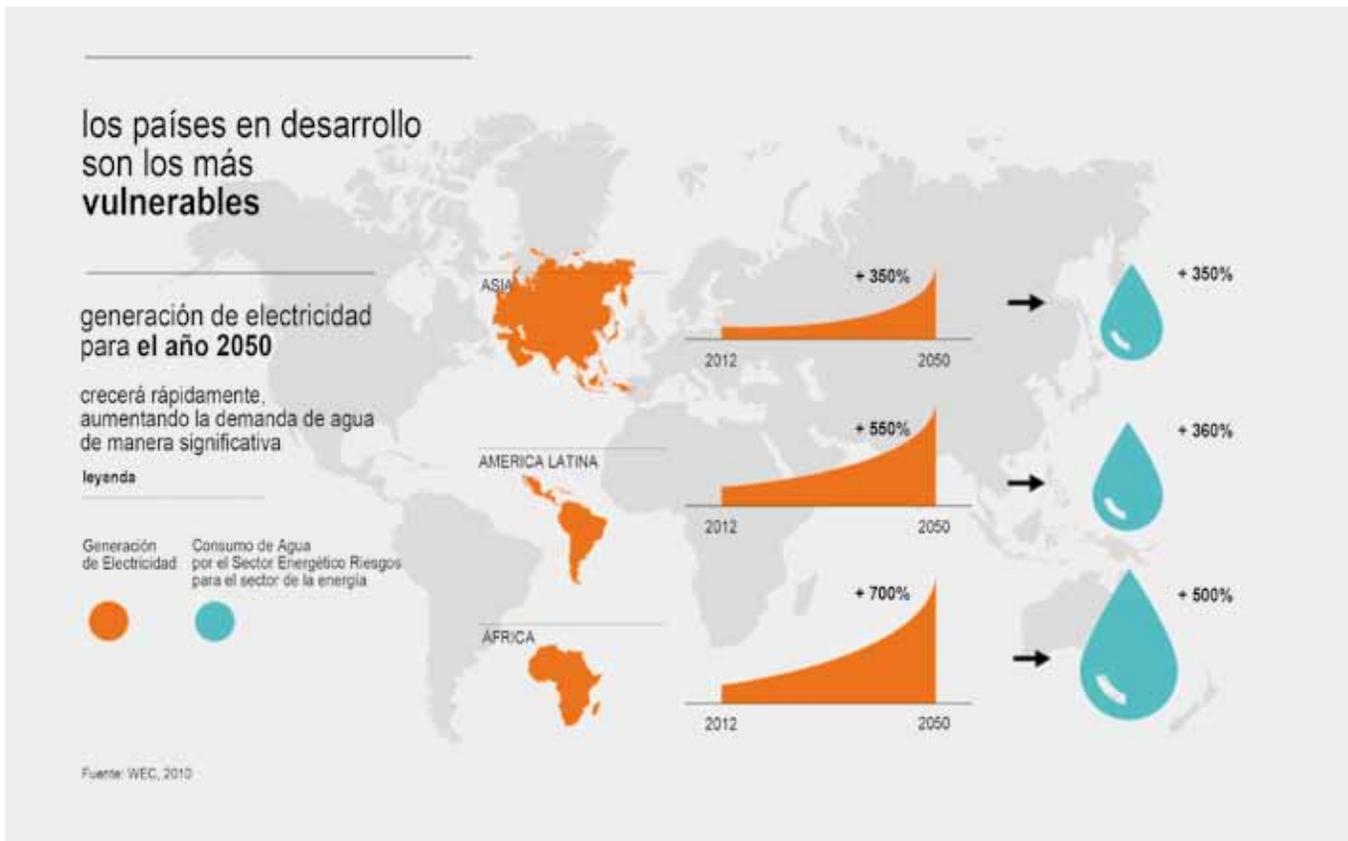


Fig. 1. Estimación de crecimiento de la Generación Eléctrica en el año 2050.

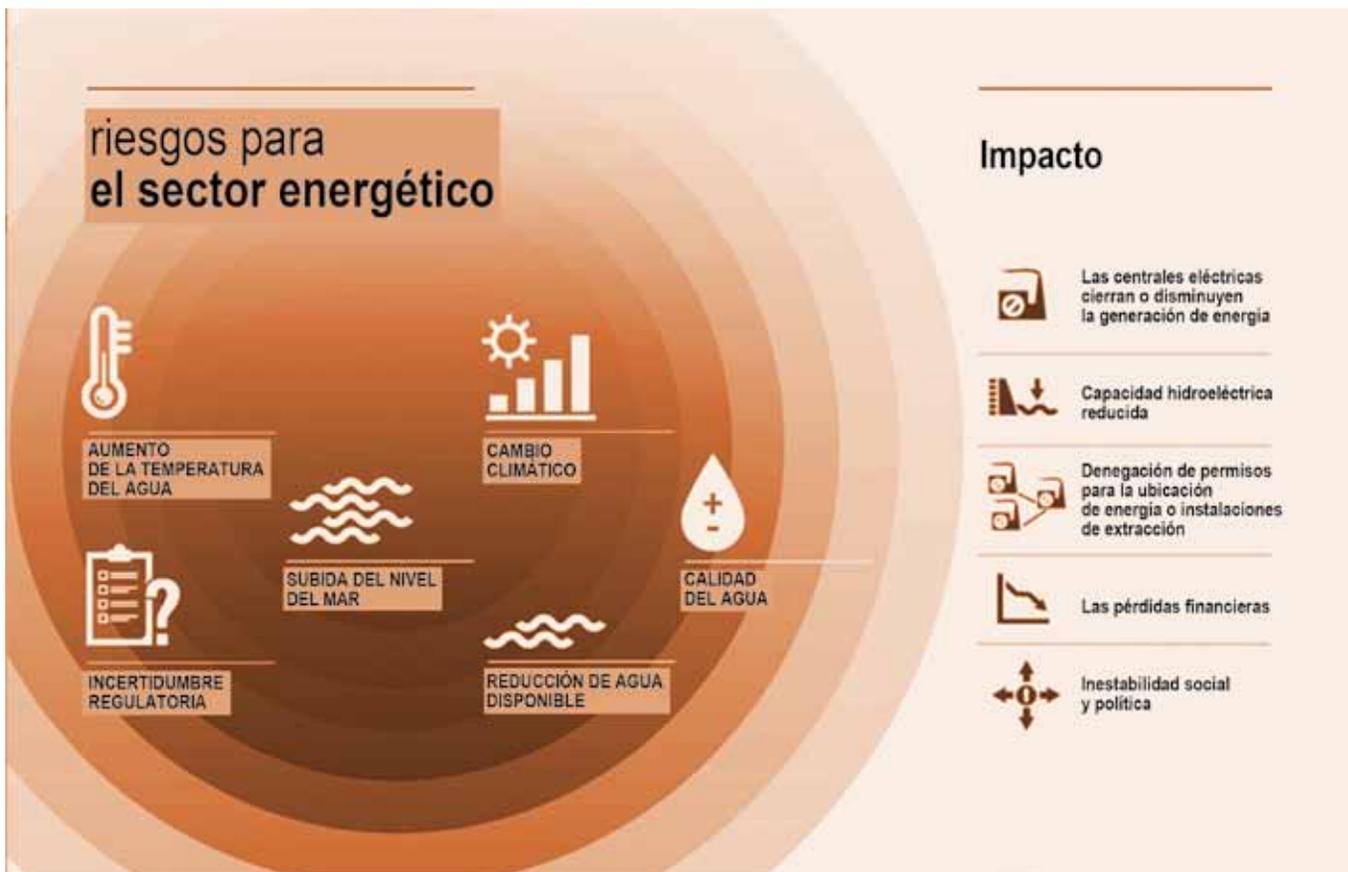


Fig. 2. Riesgos para el Sector Energético.

el agua en los últimos cinco años. Este informe se suma a la creciente evidencia de que los recursos de energía y agua deben planificarse de manera integrada. En 2012, la Agencia Internacional de Energía (IEA) publicó un capítulo en su Panorama Mundial de la Energía referida al tema del agua y la energía; y la Semana Mundial del Agua de Estocolmo de la ONU centró su temática en el Nexo entre el agua y la energía en septiembre de 2014.

Garantizar que se cumplan las demandas de energía y agua tiene profundas implicaciones en el otro recurso, ya que se necesita agua para generar energía (hidroeléctrica, refrigeración termoeléctrica, extracción de combustibles y su refino, riego de los

biocombustibles) y la energía que se necesita para extraer, tratar, distribuir agua y para depurar el agua utilizada y contaminada. No importa cuál sea la fuente, la energía y el agua están íntimamente relacionadas, y sus problemas deben abordarse de una manera conjunta.

A pesar de la interconexión patente entre los recursos hídricos y energéticos, la variabilidad natural y el impacto del cambio climático sobre los recursos se hace más complicada por unas instituciones y unas capacidades inadecuadas. A pesar de la importancia de la energía y el agua, y la estrecha relación entre ambas, la financiación, la elaboración de políticas y la supervisión de estos ámbitos en los países industrializados y en

desarrollo se llevan a cabo por diferentes personas en instituciones separadas en la mayoría de los gobiernos. Por lo tanto, una política integrada de agua y energía es poco frecuente. Por otra parte, el actual sistema de incentivos internos sigue favoreciendo a los resultados sectoriales más que a los resultados intersectoriales.

Con el fin de garantizar que estemos invirtiendo en una infraestructura climáticamente inteligente y una gestión integrada de los recursos hídricos y la energía, es necesario desarrollar mejores instrumentos e instituciones para evaluar y manejar las implicaciones intersectoriales y las potenciales tensiones hídricas y de energía que planean sobre el sector energético.

LA FRAGMENTACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN Y LA INVERSIÓN

Las actuales herramientas de planificación a nivel regional o nacional, hacen proyecciones basadas en el crecimiento económico y demográfico, mientras que existe una base limitada de análisis para informar a los tomadores de decisiones acerca de las consecuencias de los cambios en la disponibilidad de agua debido a una demanda creciente o a impactos del cambio climático, tanto de manera agregada como a nivel intersectorial, sobre todo a nivel de cuenca. Por lo tanto, los modelos de hoy en día no tienen la capacidad para hacer frente a los impactos sociales, económicos y ambientales más amplios de sus necesidades derivadas de agua y energía, no siendo capaces de identificar las potenciales implicaciones derivadas de las políticas e inversiones en agua y energía que se proponen paliar la escasez de agua. Esto es de una especial preocupación para los países con un fuerte crecimiento de la demanda de energía, o sujetos a una disminución significativa en sus suministros de agua per cápita.

En el contexto de la planificación del suministro de agua convencional, el análisis se basa principalmente en el desarrollo de sistemas de recursos hídricos para administrar la distribución de agua en el tiempo y en el espacio con el fin de asignar una serie de suministros de agua para cumplir con un conjunto específico de objetivos o demandas. La mayoría de modelos de asignación del agua supone que siempre existen suministros adecuados de energía disponibles para facilitar el desvío, el bombeo y tratamiento del agua. Pocos, si alguno, de los modelos de asignación de agua cuantifican el consumo energético impuesto asociado con las diferentes demandas de agua. Este enfoque no refleja adecuadamente la interacción dinámica entre la energía y el agua, especialmente cuando se considera la gran demanda de energía en que se puede incurrir como resultado del transporte (bombeo) y el tratamiento de agua para satisfacer un uso final.

Los modelos hídricos normalmente requieren un alto nivel de detalle

hidrológico en una cuenca en particular, siendo muy prolijos en datos, así como complejo. Estos modelos pueden proporcionar un alto nivel de detalle sobre la circulación del agua en la cuenca (caudales, evapotranspiración, flujos de retorno, intercambio entre aguas superficiales y subterráneas), información muy valiosa para considerar los pros y los contras de ejemplo una nueva inversión hidroeléctrica específica. Por otra parte, el uso a gran escala de estos modelos para inversiones hídricas a nivel nacional con múltiples cuencas impone una carga analítica y de datos grande y requiere mantener un nivel de detalle que puede no ser necesario para una primera evaluación así como obvia las amplias implicaciones de los cambios en los usos del agua, en particular para el desarrollo del sector energético. Además, mientras que los parámetros económicos se pueden combinar con los modelos hidrológicos para analizar los costos y valor de la producción de una nueva inversión hidroeléctrica, el análisis económico de la distribución de agua



Fig. 3. La ampliación de la producción de alimentos a través de las aguas subterráneas de riego en Corea.

Isla de Cheju, República de Corea. © UN Photo/M Guthrie.

a nivel nacional requiere más detalle económico sobre la competitividad entre los usos alternativos del agua.

Del mismo modo, la planificación energética rara vez tiene en cuenta las necesidades de agua en el desarrollo de sus marcos de expansión y operación. La planificación energética convencional se ocupa principalmente de los requisitos de emplazamiento y de los costos de generación de la energía en el contexto de la transmisión de dicha energía producida a los centros de consumo. A excepción de aquellos sistemas que gozan de un componente hidroeléctrico importante, la disponibilidad del suministro necesario para la generación de energía hidráulica en su etapa de planificación aguas arriba no se pone en duda y con frecuencia no se considera un factor limitante en sus operaciones aunque se acepta que posibles

limitaciones tendrían un impacto importante en el modelo. El uso consuntivo de agua necesaria para la generación de energía requerida por la infraestructura hidráulica no se considera de forma dinámica dentro de los modelos. En estas situaciones, existe un multiplicador inherente en ambas demandas de energía y agua que puede ser pasada por alto cuando se emplean métodos tradicionales para la elaboración de modelos y su análisis. Si bien este efecto puede ser marginal, en regiones con un amplio suministro de agua y energía, éste podría convertirse en un obstáculo intersectorial central en regiones con escasez de alguno de los recursos y requerirá de una evaluación y análisis precisos.

Los modelos del sector energético han avanzado sustancialmente en las últimas cuatro décadas, pudiendo incorporar las estimaciones de la

demanda de agua para la producción de energía a través de coeficientes simples de utilización del agua por unidad de producción, sobre todo para la electricidad, pero pueden también incluir ese coeficiente de agua para los biocombustibles, la minería y el refinado. Una amplia gama de modelos está disponible, desde modelos muy básicos de ampliación de capacidad de electricidad, pasando por modelos muy detallados de la red eléctrica hasta llegar a los modelos de equilibrio general de toda la economía con representaciones de los distintos tipos de oferta y demanda de energía. Sin embargo, los modelos de energía no se ocupan de la disponibilidad total de agua y su naturaleza dinámica o de su compensación (económica, así como volumétrica) entre los distintos usos de agua. En algunos modelos avanzados, sí se tiene en consideración la

disponibilidad de agua y su variabilidad ya que afecta a la producción de energía hidroeléctrica y con ello, qué otras opciones de suministro debe contemplar el sistema. Los vínculos que este tipo de disponibilidad de agua y su variabilidad tiene con otros sectores, por lo general se manejan mediante la incorporación de limitaciones exógenas o parámetros en los modelos energéticos (por ejemplo, caudales medioambientales o de navegación mínimos, cuotas de riegos, entre otros).

El cambio climático esperado y su impacto en la disponibilidad de agua no están siendo considerados de manera habitual en los modelos energéticos convencionales de planificación y operación de la energía. El calentamiento global probablemente causará una mayor competencia por los recursos hídricos entre los sectores económicos (por ejemplo, industria y agricultura), el abastecimiento de agua a poblaciones en crecimiento y la necesidad de mantener los ecosistemas sanos. Uno de los mayores retos al evaluar los impactos del cambio climático es hacerlo de forma integrada con el fin de tener plenamente en cuenta las múltiples interrelaciones complejas, no sólo dentro del sector de la energía, sino también con otros sectores.

La evaluación de las sinergias multidimensionales, sus compensaciones y riesgos son de creciente importancia debido a los retos futuros; cómo se puede amplificar la capacidad de modelado existente de los países y, cómo basándose en sus modelos ampliar sus capacidades de planificación energética e hídrica. Para contribuir a este esfuerzo, el Banco Mundial ha puesto en marcha la iniciativa Energía Sedienta, que abandera el esfuerzo de trabajar con los países en desarrollo para integrar las variables hídricas de forma dinámica en sus modelos de planificación energética y desarrollo.

Estos marcos de planificación sólidos deben ir acompañados de estructuras de gobierno que armonicen las

políticas en los principales sectores económicos y eliminen los incentivos perversos transversales al agua y la energía. Por ejemplo, las políticas energéticas que mediante subsidios promueven la sobreexplotación de aguas subterráneas y/o las políticas de agua que no permiten una fijación de precios adecuada. Estas políticas se establecen por lo general en países en los que existe también una fuerte fragmentación institucional en la que cada sector planea sus inversiones de manera estanca. Por esto, cuando se contempla la idea de una planificación integrada, es imprescindible que también se lleven a cabo las reformas institucionales, regulatorias y legales apropiadas.

LA INICIATIVA ENERGÍA SEDIENTA

La iniciativa Energía Sedienta del Banco Mundial (TE) alienta la construcción de un marco que ofrezca un entorno interactivo para explorar soluciones de compromiso y evaluar alternativas entre una amplia lista de opciones y objetivos (Figura 4) del binomio Energía-Agua. En particular, la estructura de modelado debe

ser flexible con el fin de facilitar un análisis a medida en diferentes regiones y a diferentes escalas geográficas (por ejemplo, estado, condado, cuencas, región de interconexión). Dicha estructura intenta la optimización del sistema combinado (para reducir al mínimo tanto el coste y su consumo). Basado en las investigaciones de la iniciativa Energía Sedienta, se encontró que la forma más eficaz para mejorar los modelos conjuntos Agua-Energía es mediante la incorporación de los recursos de agua y sus usos en las estructuras de los modelos energéticos actuales.

El fortalecimiento de las capacidades y estructuras de modelado requerirá un tratamiento más riguroso del riesgo y de la incertidumbre. El costo de los recursos y su disponibilidad se definen normalmente por curvas de suministro-costos, que son insumos para el modelo, y la incertidumbre en el costo o la disponibilidad de recursos específicos se manejan tradicionalmente a través de los aná-



Fig. 4. La Iniciativa Energía Sedienta.

lisis de escenario o de sensibilidad, que pueden valorar la variación de los resultados de los modelos cuando éstos parámetros se modifican. Los ejemplos que muestran cuándo es importante investigar la incertidumbre en esta área incluyen las situaciones en las que el sistema energético depende de un modo significativo de la importación de combustible, o aquellos donde los riesgos medioambientales o tecnológicos pueden alterar significativamente el costo o la disponibilidad de extracción o transformación de ciertos recursos, y donde la imprevisibilidad climático/atmosférica pueda tener impactos extremos sobre el agua disponible para la generación de energía.

La incertidumbre en las proyecciones de demanda, por lo general, sólo es investigada a través del

análisis de escenarios, donde cambios específicos en las futuras demandas de energía se postulan sobre cambios específicos en hipótesis subyacentes sobre proyecciones de la demanda inicial, mediante un cambio en las tasas de crecimiento del PIB o de la población. Con la introducción de la dimensión hídrica en los modelos energéticos, se introducen nuevas áreas de incertidumbre. La mayor de ellas es la naturaleza variable de la proyección de datos meteorológicos subyacentes y su correlación con la proyección de la demanda de energía. Los modelos de sistemas energéticos no se ocupan de este tipo de variabilidad. Los modelos hídricos se utilizan mayormente para determinar la resistencia de dicho sistema hídrico a eventos atmosféricos extremos en un marco de simulación climática. Los

modelos de los sistemas energéticos se utilizan con más frecuencia para identificar las inversiones económicamente óptimas de una múltiple variedad de opciones. La integración de los sistemas hídricos en los modelos de optimización energética requerirá de un cuidadoso diseño de los conjuntos de datos de entrada para evitar o minimizar las inconsistencias. Los niveles de precipitación y los datos de temperatura son los principales elementos determinantes de la disponibilidad de agua, y así mismo determinan de manera directa la demanda energética requerida para la calefacción y refrigeración de espacios y muchas otras demandas energéticas. Los modelos integrados requerirán del desarrollo de un conjunto coherente de proyecciones del clima y de la demanda energética.

DE LA PLANIFICACIÓN A LA INVERSIÓN

La planificación integrada es una condición necesaria pero no suficiente para hacer frente a los desafíos del binomio Agua-Energía. Para ello, también es importante aumentar la capacidad institucional, emplear tecnologías eficientes y soluciones apoyadas por el país cliente, e invertir en infraestructura. La infraestructura es un medio eficiente para aumentar la resiliencia al cambio climático y mejorar la gestión del agua y la energía, si bien, existen brechas de financiación clave que amenazan el crecimiento económico y podrían conducir a un aumento en el número de personas que viven en la pobreza. Las estimaciones sugieren que los países en desarrollo necesitarán US \$ 1.100 millones de gasto anual hasta 2015 para satisfacer su creciente demanda de infraestructura (Banco Mundial 2011) –siendo esta cifra más del doble de la inversión anual en infraestructura de EE.UU. \$ 500.000.000.000 (Qureshi 2011).

La Agencia Internacional de Energía (AIE) ha estimado en cerca de 1.000 millones de dólares de inversión acumulada (49 millones de dólares al año) la necesaria para conseguir el acceso universal a la energía en el año 2030. Si no se ejecuta dicha inversión, mil millones de personas seguirán sin acceso a la electricidad en 2030. Aún mayor es la necesidad de inversión en infraestructura hídrica. Sólo para los países en desarrollo, se estima que se requieren US \$ 103 mil millones anuales para financiar los tratamientos de agua, saneamiento y depuración de aguas residuales hasta el 2015 (Yepes 2008). Todas estas estimaciones son aún mayores si se incorporan a las mismas estrategias de mitigación del cambio climático y de adaptación al mismo.

Con el fin de superar la brecha de financiamiento y lograr una infraestructura flexible para un futuro sostenible, la inversión privada, junto con la financiación pública, deben ser

incentivados a promover la prestación de servicios sostenibles, especialmente en los países más pobres. Por otra parte, se requerirán de regulaciones políticas que incentiven la creación de una infraestructura eficiente e integrada para un futuro más sostenible.

Tradicionalmente, la mayoría de los servicios de infraestructura han sido proporcionados por el sector público. Se estima que el 75 por ciento de las inversiones en infraestructuras hídricas en los países en desarrollo provienen de fondos públicos (Rodríguez *et al.*, 2012b). Sin embargo, dada la brecha de financiamiento de infraestructura, el sector público por sí solo no puede proporcionar suficientes fondos para satisfacer las necesidades de la creciente demanda de servicios.

El capital privado debe involucrarse en el cierre de esa brecha. Sin embargo, los inversores privados son generalmente reacios a invertir en proyectos de infraestructura, incluidas las hídricas y las energéticas, debido

a los riesgos involucrados, tales como el largo plazo de recuperación de la inversión y la naturaleza de la inversión como coste hundido. Cuando lo hacen, prefieren trabajar en países de ingresos medios, donde el riesgo es menor y las perspectivas de retorno altas, dejando a los países de bajos ingresos dependiendo de los volátiles presupuestos públicos y de los compromisos de los países donantes. Este entorno debe coordinar los esfuerzos del sector privado, los gobiernos y las instituciones internacionales; mejorar la capacitación de los gobiernos; mejorar la eficiencia del gasto público y su seguimiento; y reducir las ineficiencias de inversión y ayudar a los servicios públicos para avanzar hacia la recuperación de costos.

Puesto que la esperanza de vida de la mayoría de la infraestructura de agua y energía es de más de 30 años, las decisiones que se tomen hoy están abocando ríos, ciudades, ecosistemas, y sistemas de energéticos a deter-

minados patrones de consumo. Un trabajo reciente de la IEA (2010) sugiere que en 2008, los subsidios al consumo energético ascendieron a más de US \$ 550 millones a nivel mundial, pero gran parte de ella no fueron estructurados adecuadamente y proporcionaron beneficios limitando a los más pobres (Tomás *et al.*,

2011). Con el fin de garantizar un legado de infraestructura sostenible, necesitamos regulaciones, políticas y mecanismos de financiación sostenible que promuevan una planificación integrada y sostenible, de modo que la infraestructura futura sea menos gravosa en su mantenimiento, menos costosa y más eficiente.

SOLUCIONES EXISTEN PERO...



Existe una vasta literatura que presenta diferentes soluciones para las inversiones integradas en agua y energía y, como tal, existen muchas otras oportunidades para el desarrollo conjuntos y la gestión conjunta de las infraestructuras y las tecnologías del agua y la energía que maximicen sus ventajas y minimicen sus desventajas (ver Figura 5). El análisis económico puede permitir a los países decidir

si esos modelos son viables en su contexto. Las plantas de energía y de desalinización, las plantas de cogeneración, que utilizan fuentes alternativas de agua para la refrigeración térmica de las plantas de energía, e incluso la recuperación de energía a partir de aguas residuales son sólo algunas otras opciones que pueden proporcionar ingresos para su operación y convertir un desperdicio en

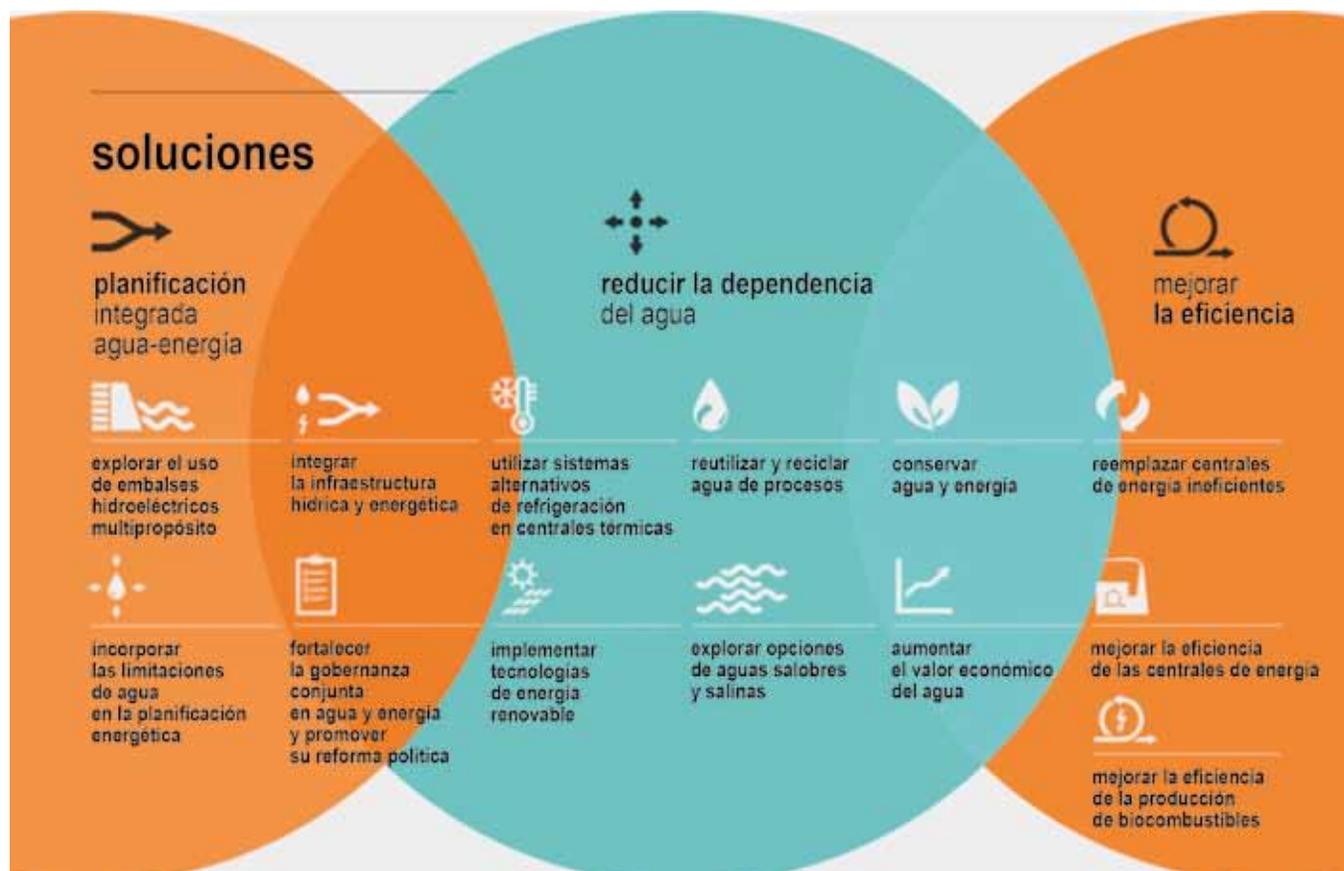


Fig. 5. Soluciones para abordar el binomio Agua-Energía.



Fig. 6. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Danbury, Connecticut, EE.UU. © UN Photo/Evan Schneider.

un recurso. Incluso es posible ahorrar energía y agua de una manera más sencilla; a través de la reducción de las pérdidas en las conducciones de agua, la mejora de la eficiencia energética, o aumentando la sensibilización para obtener un cambio de hábitos de consumo en los usuarios para reducir el despilfarro de energía y agua.

Además de la búsqueda de nuevas soluciones técnicas, los marcos políticos deben ser diseñados para promover la cooperación y la planificación integrada entre los sectores. Los marcos de gestión actuales se desarrollan en base a la cobertura de riesgos y el control de los recursos como las consideraciones fundamentales en la visión tradicional de la planificación hídrica y eléctrica. Sin embargo, el éxito de la planificación se puede obtener más fácilmente a través de una participación de todas las unidades del gobierno y partes interesadas en una toma de decisiones mediante un proceso de coordinación y resolución de conflictos. La planificación

integrada de los recursos del binomio Agua-Energía destaca la importancia de establecer un proceso de toma de decisiones más abierto y participativo y la coordinación de las múltiples instituciones que regulan los recursos hídricos. Por lo tanto, los enfoques de planificación integrada Agua-Energía deben favorecer el desarrollo de nuevos roles institucionales, además de nuevas herramientas analíticas. Asimismo, debe promover la cultura de la construcción de consensos y la resolución alternativa de conflictos sobre la del conflicto y el litigio.

Mediante la reforma de los marcos de gestión existentes, desde su modelización, su análisis económico e institucional, los países serán capaces de desarrollar un enfoque más sistemático para valorar las complejidades de los problemas del agua y la energía, sus interacciones y sus relaciones con otros sectores. Pero esto es más fácil decirlo que hacerlo. La reforma del proceso político e institucional no es una tarea fácil. La transferencia de tec-

nologías tampoco, ya que este proceso está altamente correlacionado con las capacidades existentes y los entornos regulatorios y legales de los países. Además, muchas de estas tecnologías son bastante costosas y difíciles de implementar. La comprensión del entorno local se convierte en esencial si queremos asegurar que muchas de las soluciones existentes se puedan implementar plenamente en el mundo en desarrollo. Y la cuantificación de los posibles compromisos y sinergias potenciales es esencial.

El análisis económico puede ayudar a identificar soluciones de compromiso en la gestión integrada de agua y energía. El agua y la energía son insumos cruciales en la producción económica. La existencia de

limitaciones en estos sectores puede crear una potencial reducción en la actividad económica. El aumento de la demanda de agua y su escasez tiene el potencial de aumentar los precios de mercado del agua y la energía y dar lugar a una redistribución de estos cada vez más escasos recursos entre sectores. En el caso del agua, por ejemplo, la creciente escasez en un área geográfica es muy probable que resulte en un aumento en la compra de productos alimenticios provenientes de otra área geográfica. Cuando esto ocurre, se produce un ajuste estructural significativo que debe ser manejado con criterio a fin de garantizar que la actividad económica general y el empleo no se desplomen en el corto plazo. Los resultados reales dependerán de la capacidad de una comunidad para adaptarse, la tasa de progreso en el desarrollo de tecnología eficiente en los consumos de agua, energía y producción de alimentos, la provisión de conocimientos, institucional, de gobernanza, y los mecanismos de planificación disponibles para facilitar una inversión eficiente y el aprovechamiento de las sinergias en la planificación integrada de agua y energía.

Una de las cuestiones más difíciles de manejar es el hecho de que el valor económico marginal del agua para el sector energético, generalmente será mayor que el de la agricultura, si bien el poder político

real del sector agrícola a veces puede ser mayor que el del sector de la energía. Esto implica que el sector energético generalmente estará dispuesto y será capaz de pagar más por el agua por el que compiten los usos agrícolas, con el riesgo asociado

de que algunos grupos de agricultores pueden tratar de usar su poder político para corregir esta diferencia de poder económico, retratando al sector energético como perjudicial a los intereses agrícolas y amenazando la seguridad alimentaria.

CONCLUSIONES



Satisfacer las demandas futuras de recursos hídricos y energéticos requiere de enfoques innovadores que fomenten la cooperación intersectorial y mejoren el análisis de las soluciones de compromiso del binomio Agua-Energía en los planos nacional y regional. Además, como las organizaciones y expertos se han comprometido aún más, creando Objetivos de Desarrollo Sostenible y otros objetivos, es fundamental realizar un análisis transversal puesto que los avances en un objetivo pueden afectar negativamente a otros. Tal es el caso del aumento de la cuota de biocarburantes en la generación de energía renovable, el cual puede tener un mayor impacto sobre los recursos hídricos que otras energías renovables. O el establecimiento de límites de emisiones puede promover el uso de tecnologías productoras de energía de consumo intensivo de agua con posibles efectos negativos en la

sostenibilidad de los recursos hídricos y la aparición de externalidades ambientales negativas.

Así los gobiernos y las instituciones globales valoran los objetivos del futuro, las mejores prácticas de hoy en día deberán emplearse en mejorar la eficiencia, la flexibilidad, y la planificación integrada. Estos enfoques ayudarán a los gobiernos y las empresas a evitar pérdidas financieras derivadas de la energía y de sus inversiones productivas, infraestructuras propensas al riesgo como consecuencia del cambio climático, y a economías inestables.

Diego J. Rodríguez

Economista Senior

Water Global Practice, Grupo Banco Mundial

Antonia Sohns

MSc en Ciencias del Agua, Política y Gestión

Escritora independiente



Referencias bibliográficas

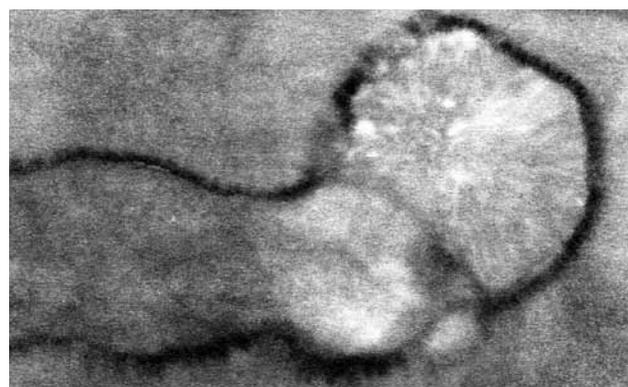
- Adelman, Jacob. 2012. *China, India Lack Water for Coal Plant Plans, GE Director Says*. Note written on Bloomberg news on June 8, 2012.
- Argonne National Laboratory. 2009. *Consumptive Water Use in the Production of Ethanol and Petroleum Gasoline*. January 2009.
- Argonne National Laboratory. *Energy and Power Evaluation Program (ENPEP-BALANCE)*.
- Bazilian M., Rogner H., Howells M., Hermann S., Arent D., Gielen D., Steduto P., Mueller A., Komor P., Tol R.S.J. and K.K. Yumkella. 2011. "Considering the energy, water, and food nexus: Towards an integrated modelling approach." *Energy Policy*. Volume 39, Issue 12: pp. 7896-7906.
- Bhatt V., Crosson, Horak and A. Reisman. 2008. *New York City Energy-Water Integrated Planning: A Pilot Study*. Brookhaven National Laboratory. NY: USA.
- Brookhaven National Laboratory. 2008. *New York City Energy-Water Integrated Planning: A Pilot Study*. December 2008.
- Dale, Larry. 2011. Lawrence Berkeley National Laboratory. *Modeling Energy Water Use in California: Overview*. November 2011.
- Delgado, Anna. 2012. *Water Footprint of Electric Power Generation: Modeling its use and analyzing options for a water-scarce future*. Master's Thesis. Master of Science in Technology and Policy, Massachusetts Institute of Technology. Boston, MA.
- Dozier A., Labadie and Zimmerle. 2012. *Integrating River Basin Operations Modeling with Power System Economic Dispatch*. Colorado: Colorado State University.
- Electric Power Research Institute. 2012. *Technology Innovation Water Use and Availability Program*.
- Energy Information Administration (EIA). 2003. *Annual Energy Outlook 2001: With Projections to 2020*. Washington, DC: EIA.
- Energy Information Administration (EIA). 2012. *Annual Energy Outlook 2012*. Washington, DC: EIA.
- Energy Technology Innovation Policy Research Group, Belfer Center for Science and

International Affairs 2010. *Water Consumption of Energy Resource Extraction, Processing, and Conversion*.

- Escobar M., Flores Lopez, and V. Clark. 2011. *Energy-Water-Climate Planning for Development without Carbon in Latin America and Caribbean*. Boston, MA: Stockholm Environment Institute.
- Faeth, P. 2012. "U.S. Energy security and water: The challenges we face." *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. January-February 2012.
- Glennie, P., Lloyd, G. J. and H. Larsen. 2010. *The Water-Energy Nexus: The water demands of renewable and non-renewable electricity sources*. Danish Hydraulic Institute (DHI): Horsholm, Denmark.
- Hermann, S., Rogner, H., Young, C., Welsch, M., Ramma, I., Howells, M., Dercon, G., Nguyen, M., Fischer, G. and H. Veld (Forthcoming) Seeking CLEWS – Climate, Land, Energy and Water Strategies – A pilot case study in Mauritius.
- Hoff, H. 2011. *Understanding the Nexus*. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute: Stockholm, Sweden.
- Hoff, H., Bonzi, Joyce, and K. Tielborger. 2011. *A Water Resources Planning Tool for the Jordan River Basin*. Water 2011. ISSN 2073-4441.
- International Energy Agency (IEA). 2010. *World Energy Outlook 2010*. IEA: Paris, France.
- International Energy Agency (IEA). 2012. *Golden Rules for a Golden Age of Gas: World Energy Outlook – Special Report on Unconventional Gas*. IEA: Paris, France.
- Kahrl, F. and D. Roland-Holst. 2008. "China's Water-Energy Nexus." *Water Policy*, 10, pp. 51-65.
- Kenward, Alyson. 2011. "In Tennessee, Heat Waves Diminish Nuclear Power Output." In *Climate Central* online news service.
- Lawrence Berkeley National Laboratory. 2010. *Water-Energy & Climate: Modeling the Linkages*.
- Macknick, Jordan, Robin Newmark, Garvin Heath, and KC Hallett. 2011. *A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies*. Technical Report NREL/TP-6A20-50900 for the National Renewable Energy Lab. March 2011.
- Malik, Bandana Kaur. 2009. *Like Water for Energy, and Energy for Water*. Environmental and Energy Study Institute.
- Miller C.A., Loughlin, and R. Dodder. 2010. *Energy & Water: Potential Futures*. Office of Research and Development-Environmental Protection Agency.
- National Energy Technology Laboratory (NETL). 2004, updated August 2006. *Estimating Freshwater Needs to Meet 2025 Electricity Generating Capacity Forecasts*. United States Department of Energy.
- National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2003. *Consumptive Water Use for U.S. Power Production*. December 2003.
- National Research Council (NRC). 2010. *Electricity from Renewable Resources: Status Prospects and Impediments*. The National Academies Press: Washington, D.C.
- Olsson, Gustaf. 2012. *Water and Energy Nexus: Threats and Opportunities*. London: IWA Publishing.
- Pate, Ron, Hightower, Mike, Cameron, Chris and Wayne Einfeld. 2007. *Overview of Energy-Water Interdependencies and the Emerging Energy Demands on Water Resources*. Sandia

National Laboratories (Sandia Labs). Sand 2007-1349c.

- Pierce, Suzanne. 2008. *Energy and Water, a Critical Piece is Missing*. Sandia National Laboratories (Sandia Labs). May 9, 2008 Side Event.
- Qureshi, Zia. 2012. *Rebalancing, Growth, and Development in a Multipolar Global Economy*. The World Bank, May 2011.
- Rodriguez, Diego, Anna Delgado, Pat DeLaquil, Antonia Sohns. 2013. *Thirsty Energy*. Water Papers. World Bank Group. June 2013.
- Rodriguez, Diego, Caroline van den Berg, and Amanda McMahon. 2012. *Investing in Water Infrastructure: Capital, Operations, and Maintenance*. Water Papers. World Bank Group. November 2012.
- Rubbelke, 2011. "Impacts of climate change on European critical infrastructures: The case of the power sector," Rubbelke, D. and S. Voegelé, *Environ. Sci. Policy*, vol. 14, p. 53-63, 2011.
- Sandia National Laboratory. 2011. *Energy and Water in the Great Lakes*. Albuquerque, New Mexico.
- Sauer, A., Klop, and Agrawal. 2010. *Over Heating: Financial Risks from Water Constraints on Power Generation in Asia*. Washington, DC: World Resource Institute.
- Shuster E. 2008. *Estimating Freshwater Needs to Meet Future Thermoelectric Generation Requirements*. National Energy Technology Laboratory – U.S. Department of Energy.
- Smajgl, Alex, Steve Hatfield-Dodds, Jeff Connor, Mike Young, David Newth, Mac Kirby and Onil Banerjee, 2012, *Energy-Water Nexus for Green Growth: Towards a better basis for policy and investment decisions*. Discussion paper prepared for the World Bank. Energy Transformed Flagship and Water for a Healthy Country Flagship, CSIRO, Canberra, Australia.
- Sri, Perini Praveena. 2010. *Electrical Energy-Water Nexus: Managing the Seasonal Linkages of Fresh Water Use in Energy Sector for Sustainable Future*. East Asia Bureau of Economic Research Working Paper WP-2010-017.
- Stillwell A., King, Webber and Hardberger Duncan. 2009. *Energy-Water Nexus in Texas*. Austin, Texas: The University of Texas at Austin and Environmental Defense Fund.
- Stockholm Environment Institute (SEI). 2011. *Understanding the Nexus: Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference* The Water, Energy and Food Security Nexus, Solutions for the Green Economy 16 – 18 November 2011.
- Stockholm Environment Institute. 2010. *Integrating WEAP and LEAP Tools for Modeling Energy-Water Connections*. Boston, MA: Stockholm Environment Institute.
- Stockholm Environment Institute. 2011. *Energy-Water-Climate Planning for Development Without Carbon in Latin America and the Caribbean*. Boston, MA: Stockholm Environment Institute.
- Toman, Michael, Daniel Bentiez, and Stefan Csordas, 2011. *Infrastructure and Sustainable Development*. In *Postcrisis Growth and Development: A Development Agenda for the G-20* edited by Shahrokh Fardoust.
- United States Department of Energy. 2006. *Energy Demands on Water Resources*. Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water. December 2006. United States Government Accountability Office (GAO). 2011. *Energy-Water Nexus: Amount of Energy*

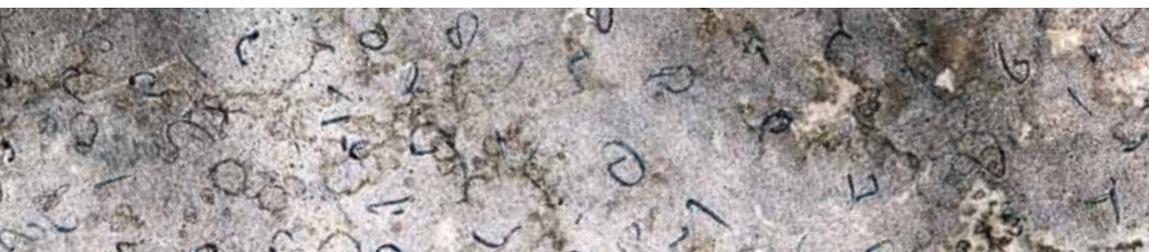


- Needed to Supply, Use, and Treat Water is Location-Specific and Can Be Reduced by Certain Technologies and Approaches*. Washington, DC.
- United States Department of Energy. Energy Information Administration. 2011. *World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside of the United States*. Department of Energy: Washington, DC.
 - Voinov, Alexey and Hal Cardwell. 2009. "The Energy-Water Nexus: Why Should We Care?" *Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Education*. Issue 143, pp. 17-29, December 2009.
 - Wang, Young-Doa. 2009. "Integrated Policy and Planning for Water and Energy." *Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Education*. Issue 142, pp. 1-6, June 2009.
 - Webber M. 2008. "Water versus Energy". *Scientific American*, Earth 3.0. pp. 34-41.
 - Webber, Michael. 2009. Testimony to the United States Senate Committee on Energy and Natural Resources. Center for International Energy & Environmental Policy. The University of Texas at Austin. 2009.
 - World Bank. 2010. *Sustaining Water for All in a Changing Climate: World Bank Group Implementation Progress Report*. Washington: DC, World Bank.
 - World Bank. 2011. *Transformation through Infrastructure: World Bank Group Infrastructure Strategy Update FY2012-FY2015*. Washington, DC: World Bank.
 - World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2009. *Water, Energy and Climate Change: A Contribution from the Business Community*. Geneva, Switzerland.
 - World Energy Council. 2010. *Water for Energy*. London, UK: World Energy Council.
 - World Energy Council. 2010. *Water for Energy*. London, UK: World Energy Council.
 - World Policy Institute. 2011. *The Water-Energy Nexus: Adding Water to the Energy Agenda*. Diana Glassman, Michele Wucker, Tanushree Isaacman and Corinne Champilou. New York: World Policy Institute and EBG Capital, March 2011.
 - World Water Assessment Program (WWAP). 2012. *The United Nations World Water Development Report 4*. Paris, UNESCO.
 - World Water Assessment Program (WWAP). 2012. *The United Nations World Water Development Report 4*. Paris, UNESCO.
 - Yepes, Tito. 2008. *Investment Needs for Infrastructure in Developing Countries 2008-2015. Latin American and Caribbean Region*, World Bank. Unpublished.

RETOS DEL CONOCIMIENTO

PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE AGUA Y ENERGÍA

Dr. Zafar Adeel



DESCRIPTORES:
GESTIÓN DEL AGUA
GENERACIÓN DE ENERGÍA
SEGURIDAD DE SUMINISTRO
BINOMIO AGUA-ENERGÍA
INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS
EL CONOCIMIENTO
Y CARENCIAS EN LOS DATOS

UNA INTRODUCCIÓN AL BINOMIO AGUA-ENERGÍA

El agua y la energía siempre han estado estrechamente relacionadas, y en muchos aspectos, han sido el elemento decisivo en el desarrollo industrial y económico. La noción de la existencia de un “Nexo” entre ambos sectores –esto es, un punto focal en el que la gestión, la planificación y la asignación de recursos se entrecruzan– no es nuevo tampoco. Una serie de conferencias y reuniones en la última década han profundizado en este concepto de la presente década, y con algunas variaciones han incluido al mismo otros elementos, como la alimentación, la urbanización, la salud, etc. (Hoff, 2011; WEF, 2011; ADB 2013). La idea de que este enfoque de Nexo pueda ayudar a reducir los muros que separan históricamente distintas disciplinas, y lograr así una mayor eficiencia, pueden significar un logro importante en el diálogo en curso sobre este tema. La idea, sin embargo, no deja de tener sus detractores que afirman que este tipo de enfoques conjuntos transversales y sus burocracias gubernamentales derivadas no son viables, y que a mayor distancia entre los sectores, incluso pueden llegar a ser contraproducentes.

La generación de energía, independientemente de la tecnología o de la fuente utilizada, requiere el agua de alguna forma –ya sea para mover las turbinas de generación

de energía hidroeléctrica, para refrigerar las centrales térmicas y nucleares, para regar cultivos de biocombustibles, o para que sirva de fluido para perforar/bompear en los sistemas de fracturación hidráulica (*fracking*)– (WWAP, 2014). Algunas fuentes de energía utilizan agua en su patrón de consumo, haciendo que no esté disponible para su uso posterior debido a la degradación de su calidad o su evaporación. Otras fuentes, como la energía hidroeléctrica son no consuntivas y pueden estar vinculadas más a la gestión del agua y los sistemas de riego. Por el contrario, el bombeo de agua, el tratamiento, la desalinización, el abastecimiento y la gestión de aguas residuales requieren cantidades significativas de energía (Hoffman, 2011). A nivel mundial, se estima que aproximadamente el 8% de toda la energía generada se consume para la gestión del agua, lo que la convierte en una consumidora de energía considerable (WWAP, 2012).

Existe todavía otro vínculo social en el que la falta de agua y energía se convierte en un perjuicio significativo para el desarrollo humano, social y económico. Los más pobres de los pobres –los llamados *Bottom Billion*– son personas ubicadas en los países en desarrollo sin acceso al agua, formas modernas de energía o saneamiento adecuadas (Summers, 2010; WWAP 2014). Las consecuencias son



Fig. 1. La búsqueda de opciones para enfrentar la estrechez hídrica ha llevado a las empresas a privilegiar, sobre todo, una de ellas: la construcción de plantas desalinizadoras. Egipto.

devastadoras en términos de un ciclo circular de pobreza, enfermedad y privaciones. El autor ha sostenido públicamente que hacer frente a la crisis mundial de desarrollo social requiere de un enfoque conjunto, en el que se combinen soluciones de agua, energía y saneamiento a proporcionar a esos mil millones de personas con carácter prioritario (UN-Water, 2011).

Dado que las Naciones Unidas declararon colectivamente el Día Mundial del Agua de 2014 para centrarse en el binomio Agua-Energía,

una serie de diálogos se han dedicado a discutir los elementos característicos de ese binomio, sus oportunidades y retos. El autor, como responsable de la organización de estos diálogos, ha sido capaz de revisar una amplia gama de perspectivas y resumir algunos puntos clave que se presentan en este documento.

Con el fin de comprender mejor la naturaleza del binomio Agua-Energía, es necesario un análisis básico de las diferencias, las lagunas de conocimiento, y de los obstáculos políticos. Este

trabajo tiene como objetivo explorar estos retos subyacentes, que pueden dificultar la adopción de este enfoque, y ofrecer algunas recomendaciones sobre la manera de superarlos.

RETOS DEL CONOCIMIENTO PARA EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA

1. *Identificación y cuantificación de las externalidades:* la competencia por el capital y los recursos financieros para los sectores del agua y de la energía es importante y muchas veces no es neutral (Bizikova *et al.*, 2013). En otras palabras, la formulación de políticas a nivel

nacional debe tener en cuenta las externalidades. Muchos de los procesos nacionales de desarrollo que ignoran estas externalidades, no poseen las herramientas para cuantificar adecuadamente estas externalidades para poder formular políticas racionales (Hoff, 2011).

Por ejemplo, el cambio a las plantas de energía térmica refrigeradas por aire o tecnologías más eficientes en sus necesidades de agua requieren una mayor inversión de capital por adelantado, pero podría suponer un ahorro de costes a largo plazo, particularmente en



Fig. 2. Presa de la central eléctrica de Ruzizi Uno. República Democrática del Congo. © UN Photo/Marie Frechon.

términos de los costes de suministro de agua (ADB, 2013). Estas inversiones de capital inicial más altas pueden justificarse más fácilmente en situaciones en las que la escasez de agua o las políticas tarifarias convierten al agua en un componente importante del coste de generación de energía. Del mismo modo, muchos países en desarrollo han evitado la inversión en grandes embalses, siendo sus argumentos más comunes para oponerse a los mismos los impactos sociales derivados de la

población desplazada, los impactos ambientales de los embalses, la perturbación en la distribución del agua entre los ribereños, etc. Sin embargo, estos diálogos están a menudo politizados y polarizados; es raro presentar un discurso no sesgado que permita el ahorro en costos de energía, la creación de oportunidades económicas, el aumento de la seguridad alimentaria y la protección contra inundaciones (Baghel y Nusser, 2010). Un obstáculo importante a este discurso es que toda la gama de beneficios asociados con esta política no pueden ser fácilmente monetizados o cuantificados. Las asimetrías entre los sectores del agua y la energía también se alimentan de la dificultad de cuantificación racional de las externa-

lidades. A nivel mundial, el sector de energía se estima en unos US \$ 6 mil millones de dólares, en tanto que el sector del agua se calcula en menos de una décima parte de eso (WWAP, 2014). En muchos países, el sector energético es mayor en su capitalización financiera en uno o dos órdenes de magnitud en comparación con el sector del agua. Eso implica que el peso de los *lobbies* de sus intereses respectivos es desproporcionado en tamaño y ejercen una influencia asimétrica en los procesos de formulación de políticas.

2. *Amplificación de los beneficios y su uso compartido*: como se señaló anteriormente, a menudo es difícil cuantificar las externalidades entre los sectores del agua y la energía, pero es aún más difícil sus benefi-



cios derivados. Por ejemplo, una generación de energía de manera más eficiente podría tener efectos beneficiosos sobre el medio humano y del ecosistema que podrían acumularse en el medio y largo plazo. La atribución directa y la cuantificación de los beneficios al ecosistema plantean un importante reto científico. Del mismo modo, un mejor abastecimiento de agua y energía en los hogares podría reducir los costes de la sanidad pública asociados con los problemas de salubridad agudos y crónicos. Proyectar con precisión estos beneficios indirectos, como la reducción de los costes sanitarios, está a menudo más allá de la capacidad de planificación financiera a disposición de los países en desarrollo.

Esta situación se hace cada vez más difícil cuando el agua y la energía son compartidas a través de jurisdicciones y/o fronteras. Los mecanismos para el intercambio transfronterizo suelen focalizarse en el aspecto energético o hídrico, y muy rara vez en ambos. Desde un punto de vista racional, se podría argumentar que el compartir ambos aspectos de manera conjunta podría crear más opciones y oportunidades para alcanzar acuerdos. Las realidades geopolíticas y conflictos históricos por los recursos a menudo afectan e interrumpen la posibilidad de acordar mecanismos de beneficios mutuamente aceptables.

3. *La realización de análisis del riesgo significativo:* desde los primeros principios, es lógico pensar que

la gestión ineficaz de los recursos hídricos y energéticos expone a las sociedades a una serie de riesgos (Kumar, 2005; Wüstenhagen, 2007). Estos incluyen los impactos de eventos extremos como inundaciones y sequías, el malestar social causado por la escasez de agua y energía, la desestabilización económica, la interrupción en el flujo de recursos críticos para la actividad industrial y agrícola, la reducción de la producción agrícola y sus efectos en la seguridad alimentaria, el aumento del gasto sanitario, etc. Algunos investigadores afirman, por ejemplo Gleick (2014) en el caso de la actual guerra civil Siria, que una aparición conjunta de estos riesgos puede causar grandes trastornos sociales.



Fig. 3. Planta Hellisheidi de energía geotérmica en Islandia. Emplazada en la zona Hengill, una cordillera volcánica activa en el suroeste de Islandia. Hengill, Islandia.
© UN Photo/Eskinder Debebe.

Aun cuando los impactos adversos puedan ser cuantificados, los resultados de estos análisis de riesgos significativos a menudo son superados por las necesidades políticas a corto plazo. Mientras los gobiernos se ven obstaculizados por las exigencias políticas, el sector privado se ha involucrado de una manera patente y se ha dado a la tarea de cuantificar el riesgo en base a la evidencia científica. La iniciativa más importante de ellas es la industria del reaseguro, que ha

invertido recursos considerables en la comprensión y cuantificación de riesgos y la adopción de enfoques de mitigación de riesgos (Mills, 2005). De forma más general, el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible también ha asumido una postura más prospectiva hacia la comprensión y gestión de estos riesgos (Sandhu *et al.*, 2012; WBCSD, 2002).

4. *Evaluación de Tecnologías Eficientes en el consumo de recursos:* sigue siendo un desafío evaluar la eficiencia de las tecnologías existentes y nuevas en términos de consumo de agua, y un poco menos la evaluación de la generación de energía y la eficiencia en su transmisión. En los países más desarrollados y en desarrollo, la noción de eficiencia energética

está relativamente bien establecida y no requiere gastos de capital político para demostrar su éxito. La gestión eficiente del agua, sin embargo, se convierte en un factor sólo en situaciones extremas de escasez de agua, pero se ignora en otro caso. Una razón clave para ello es la tarificación inadecuada del agua, lo que permite un consumo excesivo de agua con pocas consecuencias financieras. Al mismo tiempo, las políticas tarifarias de los servicios de agua y su suministro siguen siendo una cuestión política y emocionalmente cargada—siendo la mayoría de los políticos reacios a enfrentar ese asunto— como consecuencia.

5. *Disparidad en los datos sobre acceso a Agua y Energía:* puesto que el sector de la energía se comercia-



CREANDO ALIANZAS PARA LA INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS

Con el fin de superar algunos de los desafíos identificados en la sección anterior, se requiere una aproximación heterodoxa y un pensamiento innovador. Se podría argumentar que la integración de políticas en torno al binomio Agua-Energía puede romper las barreras del conocimiento y crear un entorno propicio para demostrar la obtención de los beneficios. Estas oportunidades van a menudo acompañadas por riesgos, los cuales se discuten en esta sección.

1. *Oportunidad – Impulsando la Agenda para el Desarrollo:* el binomio Agua-Energía ofrece una perspectiva política nueva en la que conceptos emergentes como “economía verde” y “triple línea de fondo” puedan ser fácilmente incorporados (UN-Water, 2011). La “novedad” del concepto, por sí misma, puede crear un espacio para el diálogo sobre las políticas y la capacidad de definir el binomio en contextos nacionales específicos. Mientras la comunidad internacional se prepara para definir la agenda de desarrollo post-2015 en materia de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), esta agenda debe ser traducida además a términos nacionales, identificando enfoques para su implementación y asignación de recursos. Los informes recientes han argumentado que el binomio Agua-Energía ofrece una plataforma estable para esta formulación de agenda de desarrollo (UNU y UNOSD, 2013).
2. *Oportunidad – Promover modalidades de consumo sostenibles:* en los últimos años muchos investigadores han explorado la noción de los límites del planeta y han constatado que nuestros actuales modelos de consumo están superando umbrales irreversibles (Rockstrom et al., 2009). Está uno plenamente

de acuerdo con estas evaluaciones de expertos o no, es evidente que los patrones de consumo y los comportamientos de los consumidores necesitan un importante replanteamiento para lograr un desarrollo económico e industrial sostenible. Un diálogo en torno al binomio Agua-Energía ofrece una nueva oportunidad para suscitar el interés de participar al público en general en un diálogo con miras al futuro. Muchos de los beneficios obtenidos de la mejora en la seguridad hídrica aparecen en el corto plazo, haciendo su éxito tangible y digerible por el público en general.

El mismo argumento podría aplicarse también a los sectores de consumo de la economía, sobre todo el sector de la manufactura y la agricultura. La creación de un espacio para el diálogo político ofrece la oportunidad para que estos sectores aporten una mirada extrínseca y se determine cómo aumentar la eficiencia para conducir a la mejora de unos umbrales.

3. *Riesgo – Mejorar el sesgo de la percepción pública:* existen un número considerable de opiniones negativas y sospechas en torno al sector privado en los ámbitos del agua y la energía. Los ejemplos abundan. El sector energético de la fracturación hidráulica o *fracking* es visto como un importante contaminante de los acuíferos y causante de terremotos locales menores. El sector de la energía hidroeléctrica se considera un destructor de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y un disruptor de las comunidades afectadas por los embalses. La generación de energía a base de carbón se considera que es un importante contribuyente al cambio climático global, y genera

liza en un grado mucho mayor, racionalizado dentro de los flujos económicos, y conserva una considerable participación e interés del sector privado, es fácilmente disponible obtener datos a escalas subnacionales, nacionales e internacionales. Por el contrario, la disponibilidad de datos sobre el agua sufre de lagunas considerables, sobre todo para las unidades más grandes como son las cuencas y acuíferos transfronterizos. Dichos datos hidrológicos se caracterizan a menudo como secretos de Estado y son vigilados como tales. Este acceso limitado o la falta de disponibilidad de datos afectan directa o indirectamente a los desafíos planteados en términos de las lagunas de conocimiento presentadas en las secciones anteriores.



Fig. 4. Vista de una planta de carbón.
Mpumalanga, Sudáfrica.
 © UN Photo/Gill Fickling.

un impacto negativo en la salud y el medio ambiente. El sector de la energía nuclear, impactado por los recientes desastres en Japón, se ve con gran desconfianza. Al sector del agua no le va mucho mejor en su percepción pública. Muchos ven la participación del sector privado como una receta para la explotación desenfrenada y el agotamiento de los recursos hídricos. En el contexto canadiense, muchos están preocupados por el transporte potencial de los recursos hídricos mediante cargamentos fletados por el sector privado a otros países (Barlow, 2001). Como consecuencia de prejuicios pre-existentes y persistentes de malas prácticas por parte del sector privado, existe un significativo riesgo de que el binomio Agua-Energía pueda ser visto como una connivencia más para privar a la población de su bienestar. Esta idea se ve agravada aún más por la idea errónea de que la Asamblea General de las Naciones Uni-

das haya declarado el acceso al agua como un derecho humano, y por lo tanto, a disposición de forma gratuita para todos. Aquellos con el objetivo de apoyar el binomio Agua-Energía en el espacio de opinión pública se enfrentan por tanto a una dura batalla para ganar la confianza y el favor de un público suspicaz.

4. *Riesgo – Grupos de presión haciendo prevalecer sus intereses sobre el interés público:* las preocupaciones esbozadas en el punto 3 puede llegar a ser una realidad en algunos países. En la mayoría de los casos,

los grupos de presión del sector energético ejercen una influencia considerable sobre los políticos y los gobernantes, estando impulsados por elementos de gran importancia en las economías nacionales. Esto mismo muchas veces no ocurre con el sector del agua, que está contrariamente obstaculizado por un exceso de legislación o reglamentación. Sin embargo, los defensores del binomio Agua-Energía tienen que prestar mucha atención a cómo se puede prevenir el cabildeo abusivo y reducir sus potenciales impactos negativos.

RECOMENDACIONES PARA EL CAMINO A SEGUIR

1. *Exploración de nuevas modalidades para la creación de Alianzas:* mitigar algunos de los riesgos descritos en el apartado anterior requeriría nuevas formas de colaboración entre la comunidad científica, los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. Es esencial construir alianzas que reúnen a las entidades tradicionalmente antagónicas a sentarse a la mesa. La “novedad” del binomio Agua-Energía se puede presentar

como el argumento para la creación de una nueva narrativa en torno a la gestión y la planificación conjunta de recursos. Los conceptos de equidad social pueden ser fundamentales en la formulación de estas alianzas, en especial cuando está enmarcado en el contexto de la reducción de la pobreza y el empoderamiento social. Esas alianzas pueden legitimar a la comunidad científica a ofrecer soluciones basadas en la evidencia

que aborden las lagunas de conocimiento descritas anteriormente en el artículo. El almacenamiento y la difusión efectivos de este conocimiento deben ser un elemento central a estas nuevas alianzas.

2. *Creación de instrumentos de políticas transversales*: la aparición de nuevos instrumentos políticos que trascienden las fronteras geográficas y sectoriales tradicionales pueden facilitar la rápida adopción del concepto del binomio Agua-Energía. Reunir a los ministerios de agua y energía, más allá del contexto de la generación y gestión de la energía hidroeléctrica, puede requerir la creación de organismos al más alto nivel dentro de los gobiernos, por ejemplo, a nivel ministerial. Existen muchos ejemplos, en Tailandia y Japón, por ejemplo, en los que la crea-

ción de estos organismos permite el desarrollo de aparatos para poder formular políticas más eficaces en torno a temas ambientales (Adeel, 2003).

Es necesario iniciar un nuevo discurso iniciado en plataformas transfronterizas en las que el agua y la energía deben ser compartidas a través de las fronteras nacionales, o, a veces, regionales. Las plataformas tradicionales, como son los convenios, tratados, y las comisiones, se centran exclusivamente en la gestión del agua y, a menudo excluyen la energía. Ejemplos anteriores sugieren que la administración conjunta de estos recursos puede realmente abrir nuevas perspectivas para la cooperación.

3. *Conexión con la Agenda de Desarrollo Post-2015*: la formulación de los ODS ofrece una interesan-

te oportunidad para volver a dar forma al futuro de la planificación del desarrollo nacional. Al vincular algunos de los objetivos que subyacen a los ODS, es posible movilizar los recursos para abordar conjuntamente los problemas del agua y la energía en los países desarrollados y en desarrollo (UNU y UNOSD, 2013). La creación de modelos dinámicos, vinculados entre sí puede permitir el análisis racional de los escenarios de desarrollo.

Dr. Zafar Adeel

Doctor en Ingeniería Civil y Ambiental
Director del Instituto de la Universidad de las Naciones Unidas para el Agua, el Medio Ambiente y la Salud
Hamilton, Canadá

Referencias bibliográficas

- ADB, 2013. Thinking about water differently: Managing the water-food-energy nexus, Asian Development Bank (ADB), Mandaluyong City, Philippines.
- Adeel, Z. (Ed.), 2003. *East Asian Experiences in Environmental Governance: Response in a Rapidly Developing Region*, UNU Press, Tokyo, Japan.
- Baghel, R. and Nüsser, M., 2010. Discussing large dams in Asia after the World Commission on Dams: Is a political ecology approach the way forward? *Water Alternatives* 3(2): 231-248.
- Barlow, M., 2001. *Blue Gold: The global water crisis and the commodification of the world's water supply*, A Special Report issued by the International Forum on Globalization (IFG), San Francisco, United States of America.
- Bizikova, L., D. Roy, D. Swanson, H.D. Venema and M. McCandless, 2013. The Water-Energy-Food Security Nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management, the International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Canada.
- Gleick, P.H., 2014, The Syrian Conflict and the Role of Water, in *The World's Water, Volume 8*, Island Press, Washington DC, United States of America.
- Hoff, H., 2011. *Understanding the Nexus*, Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden.
- Hoffman, A.R., 2001, *The Connection: Water Supply and Energy Reserves*, US Department of Energy, Washington DC, United States of America.
- Kumar, M.D., 2005, Impact of electricity prices and volumetric water allocation on energy and groundwater demand management: analysis from Western India, *Energy Policy* 33, 39-51.
- Mills, E., 2005. Insurance in a Climate of Change, *Science* Vol. 309 no. 5737 pp. 1040-1044.
- Rockstrom, J., W. Steffen, K. Noone, A. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sorlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley, 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32.
- Sandhu, H., U. Nidumolu, and S. Sandhu, 2012. Assessing Risks and Opportunities Arising from Ecosystem Change in Primary Industries Using Ecosystem-Based Business Risk Analysis Tool, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 18:1, 47-68.
- Sumner, A., 2010. *Global Poverty and the New Bottom Billion: What if Three-quarters of the World's Poor Live in Middle-income Countries?* IDS Working Paper 349, the Institute of Development Studies, Brighton, United Kingdom.
- UNU and UNOSD, 2013. *Water for Sustainability: Framing Water within the Post-2015 Development Agenda*. United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU-INWEH), UN Office of Sustainable Development (UNOSD), and Stockholm Environment Institute (SEI). UNU-INWEH, Hamilton, Canada.
- UN-Water, 2011. *Water in a Green Economy, A Statement by UN-Water for the UN Conference on Sustainable Development 2012 (Rio+20 Summit)*, <http://www.uncsd2012.org/content/documents/303UN-Water%20Rio20%20Statement%201%20NOV.2011.pdf/>.
- UNW-DPAC, 2014, *Water and Energy Reader*, UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication (UNW-DPAC), Zaragoza, Spain.
- WBCSD, 2002. *Toward a Sustainable Cement Industry*, Battelle Memorial Institute, Columbus OH, United States of America.
- WEF, 2011. *Global Risks 2011*, 6th Edition. World Economic Forum, Geneva, Switzerland.
- Wüstenhagen, R., M. Wolsink, M.J. Bührer, 2007. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept, *Energy Policy* 35, 2683-2691.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2012. *The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk*, UNESCO, Paris, France.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2014. *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. UNESCO, Paris, France.

RETOS Y DESARROLLOS

EN LOS CAMPOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO DE AGUA: EL PAPEL DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONUUDI)

Christian Susan y John G. Payne



DESCRIPTORES:
ONUUDI
ISID
TEST
INDUSTRIA VERDE
RECP

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican juicio alguno por parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas, ni respecto a sus autoridades, el trazado de sus fronteras o límites, su sistema económico o su grado de desarrollo. Las opiniones expresadas en este artículo no reflejan necesariamente las opiniones de la Secretaría de la ONUUDI. La responsabilidad de las opiniones expresadas incumbe exclusivamente a sus autores, y su publicación no significa un respaldo a dichas opiniones por la ONUUDI. A pesar de la meticulosidad desarrollada para mantener la exactitud de la información en este documento, ni ONUUDI ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse de la utilización de este material. Las expresiones “desarrollados”, “industrializados” y “en desarrollo” se utilizan únicamente para facilitar la presentación estadística y no entrañan necesariamente un juicio sobre la etapa a la que pueda haber llegado determinado país o zona en el proceso de desarrollo. Este documento no ha sido sometido a un proceso de edición formal por Naciones Unidas.

ANTECEDENTES PARA UN FUTURO

En el proceso en curso para definir la agenda de desarrollo Post-2015 y consensuar sobre los futuros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la comunidad internacional se encuentra en un punto crítico. La pobreza sigue siendo el reto central de nuestro planeta: los ODS, que están siendo formulados para suceder a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), deberán lograr hacer frente a este desafío.

Durante las últimas tres décadas muchos países han alcanzado mayores niveles de desarrollo en todas sus dimensiones —económica, social y medioambiental— en beneficio de sus pueblos. Analizando los factores dinamizadores de esta tendencia se demuestra que fueron los países con un crecimiento económico sostenido, impulsado por la industrialización, el comercio internacional y otros servicios relacionados quienes han logrado reducir la pobreza con mayor eficacia. De hecho, no hay un solo país en el mundo que haya alcanzado un alto grado de desarrollo económico y social, sin haber desarrollado un sector industrial avanzado (ONUUDI, 2014a).

Esta observación ha sido reconocida por el Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General de las Naciones



Unidas sobre los ODS, que considera la transformación estructural a través de la industrialización como un factor clave para el crecimiento de la productividad, la creación de empleo, la mejora de los niveles de vida, la diversificación económica y

la modernización tecnológica. Por lo tanto, la industrialización ha sido seleccionada como una de las Áreas Principales para su consideración en la elaboración de la ODS y su correspondiente programa de desarrollo Post-2015.

Fig. 1. Un importante recurso natural, el espino cervical de mar, se utiliza para la prevención de la erosión del suelo y la producción de alimentos y medicinas. Uvs, Mongolia.
© UN Photo/Eskinder Debebe.

Desarrollo Empresarial Sostenible Inclusivo

ONUDI contribuirá a la agenda de desarrollo Post-2015 mediante la promoción del Desarrollo Empresarial Sostenible Inclusivo (DESI) (ONUDI, 2014a) para aprovechar todo el potencial de contribución de la industria a la consecución del desarrollo sostenible y un progreso económico duradero para todos. Esta nueva visión, consagrada en la base referencial de ONUDI, la Declaración de Lima (ONUDI, 2013) adop-

tada por los estados miembros de la organización el 2 de diciembre de 2013, dará forma al espíritu, el sentido y las acciones futuras de ONUDI durante los próximos años.

El objetivo del DESI incluye varios elementos clave, tales como la creación de progreso económico compartido mediante la promoción de oportunidades de empleo digno, en particular para mujeres y jóvenes, con su consiguiente efecto multiplica-

dor en los hogares (ONUDI, 2014a). Las condiciones de trabajo mejoran mediante su exposición al mercado internacional, el cual exige el cumplimiento de normas globales y permite el acceso a nuevas tecnologías. Las medidas de protección del medio ambiente se promueven a través de la innovación y optimización de procesos encaminados a una producción más limpia, una reducción de los residuos, una gestión adecuada de



los productos químicos y una menor contaminación. El uso de energías renovables y la eficiencia energética son un objetivo, puesto que la energía representa un coste importante, afecta a la competitividad e influye en el cambio climático. En conjunto, estos

elementos se han convertido en las fuerzas impulsoras para la promoción de una producción más competitiva y sostenible con el medio ambiente –“una Industria Verde”– en lugar de una elección entre el crecimiento industrial y la sostenibilidad.

Fig. 2. Esta foto era parte de una exposición que contó con retratos de personas que dependen de la Selva Mau, uno de los más importantes depósitos de agua del país. Anabkoi, Kenia.
© UN Photo/Riccardo Gangale

La Industria Verde



De conformidad con su mandato, la ONUDI “acuñó el concepto de Industria Verde, para ubicar el desarrollo industrial en el contexto de los retos globales de desarrollo sostenible” (ONU, n.d.a). La Iniciativa de una Industria Verde ofrece un componente central del DESI al asegurar que la producción y el desarrollo industriales, sin dejar de ser económicamente viables, no se desarrollarán a expensas de la puesta en riesgo de los ecosistemas o producir efectos nefastos para la salud. Así, de tal modo, ayuda a desacoplar el crecimiento económico

del aumento del consumo de recursos y la contaminación, hecho esencial para satisfacer las necesidades de una población mundial en crecimiento a expensas de los recursos finitos del planeta. Además, permitirá a las sociedades aprovechar todos los beneficios de un desarrollo económico sin impactos sociales y ambientales negativos.

El impulso que rodea a la Iniciativa Industria Verde se presentó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río +20) en 2012, donde se puso en marcha la Plataforma de alto nivel de

la Industria Verde (ONU, n.d.b) como un vehículo para ampliar e integrar políticas y prácticas para la consecución de una Industria Verde en el sector manufacturero mundial. La plataforma sirve para catalizar la acción, reuniendo a gobiernos, empresas y líderes de la sociedad civil en torno a un conjunto de compromisos fundamentales. Desde el lanzamiento de la Plataforma, se ha implicado a 193 miembros, incluyendo 30 gobiernos, 96 empresas y 68 organizaciones empresariales internacionales y de la sociedad civil.

Producción más Limpia y Eficiente en Recursos (RECP)

La Producción más Limpia y Eficiente en Recursos (en inglés, RECP) se encuentra en el corazón de la Iniciativa para una Industria Verde. La RECP promueve el uso eficiente de los recursos naturales (materias primas, energía y agua), y la minimización de los residuos, tales como efluentes vertidos al agua (ONU-NUDI, n.d.c).

El binomio Agua-Energía

El tema principal del Informe Mundial Sobre el Desarrollo del Agua 2014 (WWAP, 2014) es el agua y su relación con la energía. Establece que las demandas de agua dulce y energía seguirán aumentando significativamente en las próximas décadas para satisfacer las necesidades de una población en aumento y una economía en crecimiento, los cambios de modos de vida y la evolución de los patrones de consumo.

La industria representa aproximadamente el 37% del consumo mundial de energía primaria (ONU-NUDI, 2008). Se espera que la demanda mundial de energía crezca en más de un tercio hasta el año 2035, con China, India y los países de Oriente Medio representando alrededor del 60% del incremento. La demanda de electricidad a nivel mundial se espera que crezca más de un 70% hasta 2035, principalmente en los países no-OCDE, con la mitad de este crecimiento absorbido entre la India y China (AIE, 2012). Se ha estimado que, mediante el uso de tecnología disponible, la industria manufacturera podría mejorar su eficiencia energética desde un 18 a un 26% y reducir sus emisiones de CO₂ desde un 19 a 32% (AIE, 2007).

En términos de extracción de agua a nivel mundial, la industria utiliza alrededor de un 19% (FAO, Aquastat, n.d.). La demanda mundial

de extracción de agua se prevé que aumente en un 55% para el 2050, principalmente a causa de la creciente demanda de la industria manufacturera (400%), la generación térmica de electricidad (140%) y el uso doméstico (130%) (OCDE, 2012).

Cuadro 1		
Red global de Centros Nacionales de Producción Limpia NCPCs		
Logros Seleccionados		
Kenia	Perú	Sri Lanka
Chandaria Industries Ltd.	Metalexacto – Pequeña fundición de plomo	Molino de Coco desecado Rathkewwra
• Productos de papelería e higiene	• Reducción del % de plomo en el efluente del 19%	• Reducción de residuos en 8 Tm.
• Programa para el reciclado y recuperación de las aguas residuales	• Recuperación de casi 350 Tm. de plomo anuales	• Reducción considerable de consumos de agua y energía
Resultados:	• Reducción de consumos de agua y energía	• Reducción de emisiones de GEI de casi 1.000 Tm. anuales
• 25% Reducción en el consumo de energía	• Reducción de emisiones de GEI de 270 Tm. anuales	• Ahorro anual > \$315.000 mediante una inversión <\$17.000
• 50% Reducción en el consumo de agua	• Gastos de inversión bajos y recuperados a los pocos meses	
• 60% Reducción en el agua residual y el total de residuos		
• Ahorro anual > \$600.000 con una inversión inicial ridícula		

Fuente: ONU-NUDI, n.d.i

de extracción de agua se prevé que aumente en un 55% para el 2050, principalmente a causa de la creciente demanda de la industria manufacturera (400%), la generación térmica de electricidad (140%) y el uso doméstico (130%) (OCDE, 2012).

Con el aumento previsto de la demanda de agua en la industria manufacturera, es evidente que el uso eficaz y eficiente de este recurso limitado en los procesos industriales será de suma importancia para que las generaciones presentes y futuras puedan beneficiarse de un desarrollo sostenible. Para cumplir con esta demanda, el fuerte Nexo entre el agua y la energía debe ser tenido en cuenta para minimizar las externalidades. El consumo de energía es un factor de impacto principal en el cambio climático, el cual, a su vez, afecta a los

Su trabajo promueve la prevención de la contaminación en el proceso de producción, haciendo hincapié en sus beneficios económicos a corto y largo plazo, e incluye la Transferencia de Tecnologías Ambientalmente Responsables relacionado con el agua y la energía, así como la materia prima (Cuadro 1).

recursos hídricos, y a las enormes masas de agua utilizadas en la generación de electricidad. Este binomio Agua-Energía es probable que se fortalezca en un contexto de cambio climático así como los esfuerzos destinados a su mitigación y adaptación.

Satisfacer las crecientes demandas de agua y energía será un desafío para el futuro y el aumento de los niveles de colaboración y coordinación generará efectos positivos en casi todos los casos (WWAP, 2014). El cumplimiento de estos retos de futuro requerirá acciones concertadas que permitan a todas las partes interesadas y elementos generadores del desarrollo a hacer un mejor uso de sus fortalezas individuales y sus ventajas comparativas. ONU-NUDI seguirá contribuyendo a este proceso mediante el fomento del DESI.

ONUDI Y SUS TAREAS PARA EL FUTURO

Los países en vías de desarrollo han casi doblado su contribución al valor agregado manufacturero creciendo desde un 18% en 1992 a un 35% en 2012 (ONUDI, 2014a). Con el mandato de promover el DESI en

los países en desarrollo y los países con economías en transición, ONUDI está dedicada a hacer frente a los retos del crecimiento industrial y para desarrollar y ejecutar las respuestas requeridas.

Desafíos compartidos del Agua y la Energía

Si bien existen desafíos específicos para el agua y la energía, también existen otros desafíos comunes y compartidos respecto a la eficiencia en ambos ámbitos. Estos desafíos se encuentran en las relaciones económicas y humanas, e incluyen principalmente:

- **Implementación tecnológica:** existe una gran cantidad de nuevos conceptos e innovaciones para un uso más productivo del agua y la mejora de su tratamiento, así como para la eficiencia energética y la generación de energía a partir de fuentes de energía renovables. Las dificultades son los costes de compra e instalación y de entrada al mercado e implementación de ideas innovadoras. El desarrollo de las nuevas tecnologías conlleva mucho tiempo e inversión, y muchas buenas ideas fracasan en el camino. Los inversores y otras fuentes de capital de riesgo requieren retornos dentro de un cierto plazo o sino buscarán otros sectores donde invertir sus fondos. Por otra parte, la industria necesita asegurarse de la eficacia y la fiabilidad de estas tecnologías. Es normal el recelo en invertir en innovaciones no suficientemente probadas, sin embargo más de dos tercios del crecimiento en los países en desarrollo se debe a su actualización tecnológica (ONUDI, 2014a).
- **Gobierno y Política:** políticas robustas, previsoras y rigurosas son centrales para implementar el DESI,

si bien con diferentes enfoques en cada país. Se necesitan estrategias a largo plazo para garantizar entornos económicos y políticos estables y crear incentivos para invertir en las soluciones necesarias. Es importante garantizar el fortalecimiento institucional de las instituciones de gobierno encargadas del agua y la energía siendo éste un objetivo importante en los proyectos de ONUDI. Además existe una fuerte reclamación hacia los gobernantes a cargo de políticas relativas al agua y la energía a favor de la adopción de enfoques coordinados (WWAP, 2014).

- Sobre la base de políticas, leyes y reglamentos bien elaborados combinados con su cumplimiento y aplicación, es necesario impulsar la industrialización en la dirección deseada. Las normas deben ser claras y adaptadas a la última tecnología disponible. La regulación energética (a través de la instauración de requisitos sobre Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Captura de Carbono (CC), requisitos estos últimos que inducen a la eficiencia,) afecta a la industria de manufactura menos que la regulación sobre agua, que generalmente define las cantidades y calidades de los efluentes y otros vertidos. Sin embargo, la regulación del agua, entre otras, tiene una influencia en el desarrollo de la energía hidroeléctrica.
- **Financiación:** la capacidad de asegurar los fondos para invertir en agua,



energías renovables y eficiencia energética depende de las prioridades de inversión. Existen otras necesidades que compiten por los fondos de inversión y los presupuestos de las propias empresas para su inversión productiva. Son necesarios buenos estudios de inversión para mostrar oportunidades de inversiones a corto y largo plazo, sus períodos de retorno, su análisis costo-beneficio y las medidas necesarias para aumentar su productividad (ya que el agua y la energía convencional son baratas en algunos lugares). Una legislación inadecuada puede hacer más barato seguir pagando las multas que hacer frente a un problema de contaminación. Con frecuencia, el progreso se reduce a aprovechar la implementación de marcos regulatorios incentivos. • **Alianzas:** para potenciar las ventajas del DESI, la formación de



alianzas, el intercambio de conocimientos y la creación de redes son esenciales. Deben producirse a todos los niveles, entre la industria y el sector privado, el gobierno, la sociedad civil, la universidad, las organizaciones intergubernamentales y las ONG. Las alianzas internacionales facilitan el acceso a una variedad de recursos y experiencias. La formación de alianzas se convierte en un reto especialmente atractivo a las partes interesadas de los sectores del agua y la energía, donde existen intereses creados y objetivos distintos. Una aproximación clásica a los problemas desemboca en un “punto muerto” a pesar de sus ventajas. Esto mismo es cierto para la industria que, a menudo puede ser ajena a las necesidades de otros y asumir que los suministros de agua y energía siempre estarán disponibles. Aun-

que difícil, es esencial para superar estas barreras ganar visibilidad y tomar decisiones colectivamente beneficiosas.

- *Cambio climático*: las repercusiones del cambio climático han afectado el uso de energía en la industria desde hace algún tiempo, como la disminución de la huella de carbono mediante la reducción de las emisiones de GEI logradas a través de la eficiencia energética y los esfuerzos de producción mediante energías renovables. Un consumo menor de energía y agua reduce la demanda de energía que, a su vez, disminuye la producción de GEI, generados por la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles. La Industria puede emitir GEIs directamente si genera su propia energía o derivada de sus procesos de producción. La presión sobre los objetivos de emi-

Fig. 3. Tebikenikora, un pueblo de la nación insular del Pacífico de Kiribati, afectados por el cambio climático en sus tierras de baja altitud.
Tebikenikora, Kiribati.
© UN Photo/Eskinder Debebe.

sión de GEI está aumentando y esta presión afectará cada vez más a la industria, a los generadores de energía y otros actores. Un suministro adecuado de agua es importante para la industria y es cada vez más incierto, debido a los efectos del cambio climático. La industria puede ser forzada a trasladarse desde los países actualmente industrializados a aquellos que estén menos industrializados pero que tengan una mayor disponibilidad de agua.

Desafíos frecuentes – Agua

El crecimiento de la demanda de consumo de bienes está aumentando con el crecimiento demográfico, hecho que se está produciendo con rapidez, sobre todo en los países fuera de la OCDE. A medida que aumenta su producción para satisfacer esta demanda, la industria necesitará más agua. Para reducir la presión sobre los limitados suministros de agua dulce y asegurar un suministro adecuado de agua, la industria tendrá que mejorar la productividad de su insumo de agua (valor del producto por cada unidad de agua usada) con el fin de mantener el ritmo de la creciente demanda de bienes y, al mismo tiempo reducir sus vertidos.

En el ámbito del agua los problemas frecuentes son persistentes pero más acentuados en algunos países, especialmente en aquellos en desarrollo.

Fig. 4. Madre e hijo acarream bidones para recoger agua.

Khor Abeche, Sudán.

© UN Photo/Albert González Farran.



- *Cantidad – la cifra exacta:* para hacer frente a la creciente demanda de recursos de agua dulce, la industria tiene el reto de encontrar formas de reducir la extracción total de agua y consumir menos. En los países desarrollados, donde el precio del agua ha sido tradicionalmente bajo, existen pocos incentivos para ahorrar. Esto está cambiando y probablemente conducirá a una mayor motivación por parte de la industria a utilizar el agua de forma más inteligente y mejorar el consumo de agua por unidad de producto. Esta tendencia también se extenderá aguas arriba en las cadenas de suministro industriales, donde, en la mayoría de los casos, la industria tiene una huella hídrica en su cadena de suministro mucho mayor que en su fase de operaciones (Hoekstra *et al.*, 2011).
- *Calidad – conjugar usos, reduciendo los efluentes:* la industria no necesita agua de una calidad consistentemente potable para llevar a cabo muchos de sus procesos de fabri-

cación. Sin embargo, al depender del suministro municipal, ésta es la que se le entrega.

Si la industria hace uso del agua superficial o subterránea, puede estar utilizando recursos de buena calidad más adecuados para el consumo humano. En algunos pocos casos, la industria requiere de agua de alta calidad y dispone de sus propios sistemas de tratamiento. Las descargas de efluentes tienen mala fama por la contaminación de masas de agua. La contaminación industrial es a menudo más tóxica y difícil de tratar que los contaminantes más comunes y puede persistir en el medio ambiente. Los efluentes industriales son doblemente perjudiciales porque la contaminación puede afectar el medio ambiente y la salud humana y, al contaminar las fuentes de agua, también se reduce la disponibilidad de agua de buena calidad, y obligar a su tratamiento (lo cual conlleva más gasto de energía) antes de que pueda ser reutilizada.

- *Disponibilidad – escasez y asignación, seguridad hídrica y conflictos:* incluso en un lugar donde exista suficiente agua disponible, demandas concurrentes de su uso pueden resultar en una asignación de cuotas a usuarios específicos. En China, la India e Indonesia, la falta de agua ya es un obstáculo importante para el crecimiento industrial (Pacific Institute, 2007). Es fácil prever cómo los problemas de disponibilidad de agua pueden convertirse en conflictos de seguridad hídrica (garantía de suministro fiable y seguro), en particular, con carácter transfronterizo. En los países en desarrollo, el crecimiento demográfico y la demanda de productos por una creciente clase media tienen un fuerte impacto en la demanda de agua. Uno de los mayores retos para el DESI es traer el progreso

económico de la industrialización y al mismo tiempo gestionar unos recursos hídricos que se vuelven cada vez más demandados por las externalidades y el aumento de la propia población que genera este progreso económico. En aquellos países donde el agua escasea, debe darse prioridad como un derecho humano básico: un mejor suministro de agua es esencial para la superación de la pobreza.

- *Tarifificación – lo que es justo y lo que es correcto:* el precio del agua es un tema muy difícil. El contexto histórico de la industria ve el agua como un bien esencialmente gratuito con el corolario de que ve innecesario su uso eficiente. La

amplia variación en los precios del agua se ve influida por los subsidios que a menudo dan lugar a un precio más bajo que el costo real de bombeo, tratamiento y suministro de la misma. Es probable que la actual tendencia de tarificar reflejando el coste real del agua estimule su ahorro y la eficiencia en su uso. La otra cara de esta cuestión se refiere al agua como un derecho humano básico y cómo esto puede ser adecuadamente compaginado. Éste se relaciona directamente con la pobreza, sobre todo en zonas de escasez y países en desarrollo, los suministros básicos de agua deben permanecer asequibles o incluso gratuitos.

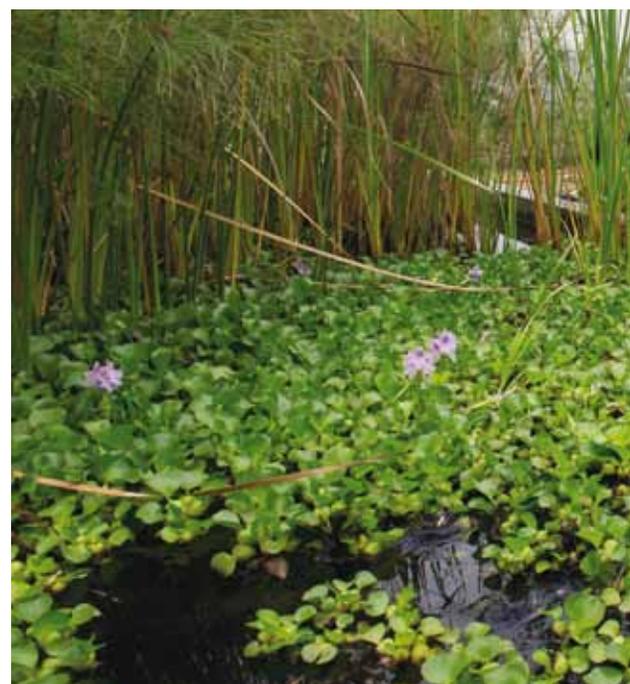


Fig. 5. Proyecto de forestación. Lima, Perú. © UN Photo/Eskinder Debebe.

Energía – Desafíos más amplios

La energía tiene una dimensión económica mayor que el agua: es un negocio más grande y sus desafíos, como el acceso y el precio, están más extendidos. Por otra parte, la generación de energía y su consumo están fuertemente influenciados por las políticas de reducción de GEI y del clima impulsadas por las leyes y reglamentos que a menudo promueven la eficiencia energética. En la industria, la energía tiene una conexión directa con el agua: se necesita para su bombeo, tratamiento, calentamiento y enfriamiento. Sin embargo, esta relación se invierte cuando el agua se utiliza para el funcionamiento, calentamiento o refrigeración de plantas industriales, o el transporte de mercancías. Al igual que con el agua, se derivarán efectos colaterales aguas arriba en la cadena de suministro de las empresas y su uso de la energía.

Los desafíos que enfrenta el sector de la energía que afectarán a la industria son más amplios que los relacionados con el agua, ya que los problemas del agua se limitan con frecuencia a las cuencas hidro-

gráficas, mientras que la energía no tiene esas limitaciones.

- *Seguridad – Acceso:* la industria necesita un suministro fiable y constante de energía. La seguridad energética depende del acceso, así como del suministro (WEF, 2012). Existen riesgos de suministro obvios con los combustibles, como el carbón y el petróleo, pero cada vez más, el agua pueden convertirse en un riesgo más grande, como en casos conocidos de los EE.UU., Francia y la India, donde se detuvo la generación de energía por falta de suficiente agua de refrigeración. Por otra parte, el acceso a la energía depende de los sistemas de transmisión y distribución, que a menudo cruzan fronteras regionales e internacionales, generando riesgos inherentes como resultado. Una vez más existe una relación con la pobreza: es bien sabido que existen más personas sin acceso a electricidad y energía limpia para cocinar que sin acceso al agua y el reto es equilibrar sus necesidades de manera equitativa con las de los demás.

- *Precio – Volatilidad:* para la industria, la volatilidad de los precios energéticos es un problema mayor que la disponibilidad de la energía. Esto afecta a las industrias intensivas en energía y puede influir en la relocalización de las mismas. Sin embargo, en los principales países productores de combustibles fósiles, como Rusia, donde la energía local es barata existen pocos incentivos para reducir su consumo (ONUUDI, 2010).
- *Energías Renovables – su Integración:* las energías renovables tienen el potencial de fortalecer los sistemas de energía y activar la innovación tecnológica para la consecución de una mayor competitividad y un menor impacto ambiental. Sin embargo, una serie de obstáculos deben superarse para aumentar su mercado, entre los que se incluye su percepción de las mismas como de alto riesgo, la falta de conocimientos técnicos, y la necesidad de financiación para facilitar su integración en el *mix* energético existente.

LA ACTIVIDAD DE ONUDI

ONUDI, en cumplimiento de su mandato en el contexto del DESI, ha desarrollado e implementado respuestas sectoriales y por áreas geográficas en los países en desarrollo y en transición. La atención se centra principalmente en las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) a las que se pretende mejorar su acceso al mercado y su competitividad mediante métodos sencillos y prácticos para satisfacer requisitos mínimos ambientales y de productividad (ONUDI, nd). Los proyectos se estructuran a nivel de planta o fábrica, en colaboración con administraciones locales para producir entornos propicios. Esto se consigue principalmente mediante la implementación de una gestión de la producción y del agua más limpias y sostenibles a través de técnicas RECP. Una producción más limpia aún a eficiencias en la producción, la gestión ambiental y el desarrollo humano, con técnicas como las mostradas en la Figura 6.

Ahorro de agua

En términos generales, ONUDI se centra en la reducción de consumo de agua, la reducción del consumo de agua por unidad de producto y la protección de los recursos hídricos por vertido. Las medidas relacionadas incluyen la mejora de la eficiencia en el uso del agua, extendiendo el tratamiento de aguas residuales, su reciclaje y reutilización, la mejora de la gobernanza del agua en la que se incluye la gestión de captaciones por áreas, la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y la cooperación transfronteriza. El vehículo principal de estas iniciativas es el programa de Transferencia de Tecnologías Ambientalmente Responsables del (TEST) de ONUDI, que ha sido aplicada con éxito en varios países (Figura 7).



Fig. 6. Técnicas para lograr una producción más limpia. Fuente: ONUDI, n.d.j.

MED-TEST
<p>MED TEST es una iniciativa de la industria verde de la ONUDI con el apoyo del FMAM, el Gobierno italiano y la "Alianza Estratégica para el Gran Ecosistema Marino Mediterráneo (LME) 1" del PNUMA-PAM. El programa se ocupa de las fuentes terrestres de contaminación presentes en los puntos calientes industriales priorizados en el Plan Estratégico de Acción en el Mediterráneo (SAP-MED). Un conjunto de 43 centros de producción, en su mayoría PYMEs, abarcando siete sectores industriales de Egipto, Marruecos y Túnez participaron activamente en MED TEST durante el periodo 2010-2011.</p> <p>Se identificaron un total de 765 medidas; implementándose el 76% de las mismas, el 14% se retiraron hasta un mejor análisis técnico y económico y sólo el 10% se descartaron. Alrededor del 54% de las medidas tuvieron un periodo de retorno de la inversión de menos de seis meses. En los tres países, el proyecto identificó un ahorro anual total de cerca de \$ 17 millones en energía, agua, materias primas y un aumento de la productividad correspondiente al equivalente a una cartera de inversiones del sector privado de alrededor de \$ 20 M en la mejora de procesos y el uso de tecnologías más limpias en las que no se incluyen soluciones de fin de proceso.</p>



Fig. 7. MED-TEST. Fuente: ONUDI, 2012.

TEST - HERRAMIENTAS DE GESTIÓN				
• Eficiencia en Recursos y Producción más Limpia (ERPL)	• Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)	• Sistemas de Auditoría Ambiental (SAA)	• Tecnologías Ambientalmente Contrastadas (TAC)	• Responsabilidad Social Corporativa (RSC)

Fuente: ONUDI, 2014b.

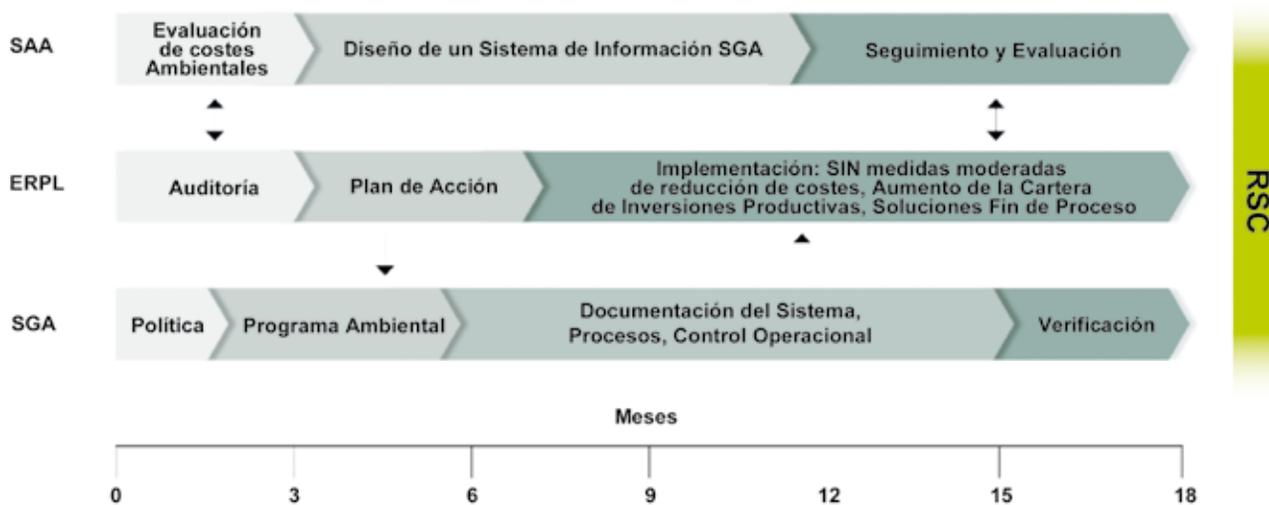


Fig. 8. Procedimiento de Implementación en una Compañía. Fuente: ONUDI, 2012.

El enfoque integrado TEST (ONUUDI, n.d.e) incluye las siguientes áreas de intervención:

- *Nivel de Procesos.* Prevención de la contaminación en lugar de control de la contaminación (soluciones end-of-pipe).
- *Sistemas de Gestión.* La gestión ambiental preventiva mediante la

implementación un sistema de información sobre flujos de recursos, energía, agua y sus flujos financieros relacionados, todos ellos necesarios para vincular los niveles estratégicos y operativos de la empresa.

- *Nivel Estratégico.* Implementación de Políticas de Responsabilidad Ambientales y Social Corporativa

(RSC) y Estrategias Empresariales Sostenibles (SES).

El enfoque integrado TEST dispone de cinco herramientas de gestión (Figura 8), destinados a cambiar las prácticas de una manera integral para asegurar la adopción de prácticas ambientales y la iniciación de un proceso de mejora continua.

Eficiencia Energética y Energía Renovable en Acción

Es nuestro objetivo incentivar a las PYMEs intensivas en energía cuyo consumo de electricidad proviene de combustibles fósiles a consumir de fuentes de energía renovables, por razones ambientales, para aumentar su productividad, y prepararlos para poder gestionar fallos de suministro de las redes nacionales. En los ámbitos de planificación nacional y regional, UNIDO colabora en la elaboración de estrategias de fomento de las energías renovables, aportando tecnologías y mecanismos de financiación, sobre tres premisas (ONUUDI, n.d.f).

- Incorporar el uso de las energías renovables en las PYMEs.

- Apoyar modelos de negocio innovadoras que fomenten las energías renovables como un sector empresarial.
- Crear oportunidades de desarrollo empresarial a través de un mayor acceso a la energía.

Un ejemplo en relación con el binomio Agua-Energía es la promoción de la pequeñas centrales hidroeléctricas (SHP), que tienen muy poco o ningún impacto ambiental (ONUUDI, n.d.g). El objetivo de ONUUDI para el desarrollo de SHP es proporcionar acceso a la energía para usos productivos y aplicaciones industriales, especialmente en las zonas rurales. SHP

ha demostrado ser una tecnología de energía renovable adecuada en el contexto de los esfuerzos de electrificación rural, la diversificación energética y el desarrollo industrial. En las regiones con potencial hidroeléctrico, estas instalaciones son muy rentables y pueden proporcionar la fuerza motriz a la pequeña industria. En 2013 ONUUDI, en cooperación con el Centro Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (en inglés, ICSHP), con sede en China, puso en marcha el primer Informe Mundial sobre el Desarrollo de la Pequeña generación hidroeléctrica 2013 (en inglés, SHP) (WSHPDR 2013) junto con su



plataforma de conocimiento, la cual contiene datos recopilados sobre la capacidad instalada y el potencial SHP de 149 países y 20 regiones.

Entre sus actividades de eficiencia energética en la industria y de lucha contra el cambio climático, la ONUDI se especializa en fomentar buenas prácticas procesales de eficiencia energética por encima de la instalación de equipos más eficientes energéticamente. Los sistemas de producción cambian durante la vida

de una instalación y los sistemas de energía pueden reducir su eficiencia. El simple hecho de tener componentes de bajo consumo no garantiza un ahorro de energía en un sistema. La evidencia recabada de estudios indica que tales componentes pueden dar lugar a aproximadamente 2% a 5% de mejoras en la eficiencia, mientras que la optimización de los sistemas puede producir de un 20% a 30% de mejora con cortos períodos de retorno (ONUDI, n.d.*b*).

Fig. 6. La energía geotérmica se convierte en electricidad y se utiliza también para calentar casas verdes. Taupo, Nueva Zelanda.
© UN Photo/Evan Schneider.

EL AVANCE DEL PROGRESO



El mundo está experimentando una nueva revolución industrial (ONUDI, 2014*a*), con cambios que ocurren en los países desarrollados mediante iniciativas basadas en el conocimiento y la alta tecnología, y otros que ocurren en los países en transición y en desarrollo en una situación de cambio estructural hacia el progreso económico. La cuestión

no es elegir entre industrialización y sostenibilidad, sino la manera de transformar la industria y la empresa, utilizando los métodos adecuados y la tecnología, para resolver los retos ambientales y lograr una industrialización sostenible. Es ampliamente aceptado que la industrialización es una prioridad del desarrollo: por lo tanto, la tarea por delante es deter-

minar cómo se logrará conjugar la consecución de los ODS y el progreso económico para todos.

Christian Susan
M.Sc. (Técnico de Desarrollo Industrial, ONUDI
Unidad de Gestión de Agua)

John G. Payne
B.A., M.Sc., D.I.C., M.Sc., (Consultor ONUDI)



Referencias

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). n.d. AQUASTAT database. Rome, FAO. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm/.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M.. 2011. The Water Footprint Assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK. <http://www.waterfootprint.org/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf/>.
- IEA (International Energy Agency). 2012. World Energy Outlook 2012. Paris, OECD/IEA.
- ----. 2007. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions. IEA Publications. Paris. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/tracking_emissions.pdf/.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2012. Environmental Outlook to 2050: Key Findings on Water. Paris, OECD. <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/49844953.pdf/>.
- Pacific Institute. 2007. At the Crest of a Wave: A Proactive Approach to Corporate Water Strategy. Oakland, Calif., Pacific Institute. http://www.bsr.org/reports/BSR_Water-Trends.pdf/.
- UNIDO (United Nations Industrial Development Organization). 2008. Policies for Promoting Industrial Energy Efficiency in Developing Countries and Transition Economies: Executive Summary. Vienna, UNIDO. http://www.unido.org/fileadmin/media/documents/pdf/Energy_Environment/ind_energy_efficiency-Ebookv2.pdf/.
- ----. 2014a. Inclusive and Sustainable Industrial Development: Creating shared prosperity | Safeguarding the environment. Vienna, UNIDO. http://www.unido.org/fileadmin/user_media_upgrade/Who_we_are/Structure/Director-General/ISID_Brochure_web_single-sided_12_03.pdf/.
- ----. 2014b, UNIDO-Industry Partnerships. Presentation by I. Volodin, 2014 UN-Water Annual International Zaragoza Conference. Preparing for World Water Day 2014: Partnerships for improving water and energy access, efficiency and sustainability. 13-16 January 2014. http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_energy_2014/presentations.shtml/.
- ----. 2013. The Lima Declaration. http://www.unido.org/fileadmin/user_media_upgrade/Media_center/2013/News/GC15/UNIDO_GC15_Lima_Declaration.pdf/.
- ----. 2012. MED TEST, Transfer of Environmental Sound Technology in the South Mediterranean Region: Project Summary and Achievements. http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Water_Management/Carolina/MEDTEST_%20Brochure_%20English.PDF/.
- ----. 2010. Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking: An Energy Policy Tool. Working Paper. Vienna, UNIDO. http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Energy_and_Climate_Change/Energy_Efficiency/Benchmarking_%20Energy_%20Policy_Tool.pdf/.
- ----. n.d.a. Green Industry Initiative. <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/greenindustry/green-industry-initiative.html/>.
- ----. n.d.b. Green Industry Platform. <http://www.greenindustryplatform.org/>.
- ----. n.d.c. Resource Efficient and Cleaner Production. <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/resource-efficient-and-cleaner-production.html/>.
- ----. n.d.d. The National Cleaner Production Centres (NCPs) Network. <http://www.unido.org/npc.html/>.
- ----. n.d.e. Transfer of Environmentally Sound Technologies (TEST). <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/watermanagement/test.html/>.
- ----. n.d.f. Renewable Energy. <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/energy-access-for-productive-uses/renewable-energy.html/>.
- ----. n.d.g. Small hydro-power. <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/energy-access-for-productive-uses/renewable-energy/focus-areas/small-hydro-power.html/>.
- ----. n.d.h. Industrial energy system optimization. <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/energy-access-for-productive-uses/industrial-energy-efficiency/focus-areas/industrial-energy-system-optimization.html/>.
- ----. n.d.i. Principal Achievements. <http://www.unido.org/en/how-we-work/convening-partnerships-and-networks/networks-centres-forums-and-platforms/npc/principal-achievements.html/>.
- ----. n.d.j. Cleaner Production. <http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/cleaner-production.html/>.
- WEF (World Economic Forum). 2012. The Global Energy Architecture Performance Index Report 2013: Industry Agenda. Geneva, WEF in collaboration with Accenture. <http://www.weforum.org/reports/global-energy-architecture-performance-index-report-2013/>.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris, UNESCO. <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2014-water-and-energy/>.

PROMOCIÓN DE RESPUESTAS POLÍTICAS TRANSFRONTERIZAS

INTEGRADAS SOBRE EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA

Annukka Lipponen¹ y Mark Howells



DESCRIPTORES:
COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA
EVALUACIÓN
CONVENIO DEL AGUA
COORDINACIÓN INTERSECTORIAL
BINOMIO AGUA-ENERGÍA

EL DESAFÍO HUMANO – DESARROLLO EN UN MUNDO FINITO

El crecimiento demográfico, el desarrollo económico, el aumento de las necesidades de agua, alimentos y energía ejercen una presión creciente sobre los recursos naturales, como señala (Bazilian *et al.*, 2011):

- En los tres ámbitos muchos miles de millones de personas carecen de acceso a las mismas (en cantidad, calidad o ambas).
- Todos están sujetos a un rápido crecimiento de su demanda mundial.
- Todos sufren limitaciones del recurso.
- Todos son “bienes universales” y son objeto del comercio internacional y tienen implicaciones globales.
- Todos ellos tienen una diferente disponibilidad y variaciones en su oferta y demanda regionales.
- Todos dependen fuertemente del cambio climático y el medio ambiente.
- Todos implican importantes cuestiones de seguridad, al ser fundamentales para el funcionamiento de la sociedad.
- Todos se operan en mercados fuertemente regulados.
- Todos requieren una identificación y tratamiento explícito de los riesgos.

La prestación de los servicios de provisión de agua, alimentos y energía se proporcionan a través de cadenas de actividad física. Estas cadenas incluyen el uso de tecnología así como infraestructuras tanto artificiales como naturales. Éstos a su vez dependen de los suministros primarios de tierras, energía y agua. Toma especial importancia en estas cadenas la infraestructura natural, la cual incluye los ecosistemas.

Dichos recursos, cadenas de actividad y servicios están inexorablemente vinculados entre sí. Algunos de ellos se indican en el Cuadro 1.²

De hecho, los vínculos referidos son significativos. Para dar una idea de la escala (NU, 2014) señala que “a nivel global, el 7% de la producción comercial de energía se utiliza para gestionar el suministro de agua dulce del mundo, incluyendo su extracción, purificación, distribución, tratamiento y reciclaje. Alrededor del 70% del uso humano del agua se dedica al riego y el 22% se dedica a fines industriales, siendo el mayor de los cuales la refrigeración en las centrales eléctricas e industrias. Aproximadamente el 4% del consumo de energía final recae en la agricultura, y la elaboración de alimentos y su transporte utilizan una cantidad adicional de energía cada vez mayor. Casi la mitad del aumento de la demanda media de maíz

Cuadro 1				
Selección de vínculos del trinomio				
Impactos de las filas sobre las columnas referidas	Clima	Tierra/Alimento	Energía	Agua
Clima		El cambio y el tiempo atmosférico afectan a la productividad de los cultivos y aumentan la demanda de agua en la mayoría de los casos.	El cambio climático altera las necesidades de energía para refrigeración y calefacción e impacta sobre su potencial hidroeléctrico.	El cambio climático altera la disponibilidad de agua y la frecuencia de las sequías e inundaciones.
Tierra/Alimento	Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero –GEI– derivados de los cambios de uso de la tierra (vegetación y “el carbono del suelo”) y la producción de fertilizantes.		La energía es necesaria para el bombeo de agua, y la producción de fertilizantes, pesticidas, maquinaria agrícola y el transporte de alimentos.	El aumento de la demanda de agua debido a la intensificación de la agricultura, y afecta los ciclos de Nitrógeno (N) y Fósforo (P).
Energía	La quema de combustible genera conduce a emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire.	El uso de la tierra para la producción de biocombustibles o energías renovables (solar, eólica, hidráulica, océano), afecta la correlación precio de los cultivos/ precio del petróleo.		Los cambios en el caudal de los ríos, la evaporación en embalses de hidroeléctricas, el riego de cultivos biocombustibles, la extracción de fuentes de combustibles fósiles (esp. no convencionales).
Agua	Las variaciones en los ciclos hidrológicos afectan al clima local.	Los cambios en la disponibilidad de agua para la agricultura y la creciente competencia por la misma afectan a la producción de alimentos.	La disponibilidad de agua para los biocombustibles, el uso de energía para la desalinización, pero también permite el almacenamiento de energía en forma de agua dulce.	

Fuente (NU, 2014).

y trigo se ha debido a la producción de biocombustibles. El uso de energía para la desalación y bombeo para el riego constituye una gran parte del consumo de energía en algunos países en desarrollo”.

Añadir a esto que los enfoques de gestión sectoriales sólo funcionan y fomentan el desarrollo mientras las

sociedades humanas se encuentran en condiciones de abundancia de recursos. Las políticas actuales, normalmente descoordinadas y a menudo incoherentes, para apoyar la seguridad en el suministro de agua, alimentos y energía han tenido a menudo consecuencias adversas que tiende a afectar desproporcionadamente a

los más desfavorecidos, al depender más, y ocupar la mayor parte de sus ingresos las necesidades básicas: agua, alimentos y electricidad.

Observando los vínculos entre el agua y la energía en pan-Europa y América del Norte se demuestra la importancia de tomar en cuenta estos vínculos en la elaboración de políticas.

OBJETIVOS IDENTIFICADOS – LOS DESAFÍOS ENERGÉTICOS Y DE AGUA EN LA REGIÓN NUECE

Si bien los desafíos del binomio Agua y Energía difieren en los distintos países que conforman la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (NUECE)³, algunas de las cuestiones importantes aparecen destacadas en el Quinto Informe sobre el Desarrollo Mundial del Agua (WWDR) (NU-WWAP, 2014), “Agua y Energía”.

El estudio constata la importancia de la energía hidroeléctrica en Europa al ser la energía hidroeléctrica generadora del 16% de la electricidad en 2008 y la existencia en la actualidad de alrededor de 7.000 grandes presas en la región. Aparece en la actualidad un renovado interés por la energía hidroeléctrica, ya que puede permitir la expansión de la capacidad de otras

fuentes de energía renovables, reducir las emisiones de dióxido de carbono y, en algunos casos, gestionar mejor el previsible aumento de la variabilidad en los flujos. Un impulsor específico del creciente desarrollo de las fuentes de energía renovables, incluida la energía hidroeléctrica, es la política energética. La Directiva de Energías Renovables⁴ establece objetivos jurídicamente vinculados; en particular, una contribución del 20% de las energías renovables en la UE en 2020.

Del mismo modo, existen preocupaciones relacionadas con el desarrollo de la energía hidroeléctrica. En muchas áreas, la generación de energía hidroeléctrica entra en conflicto con otros usos del agua, la

agricultura de regadío en particular. La energía hidroeléctrica es una de las principales causas de alteración hidromorfológica, pérdida de la conectividad y cambio en los flujos de agua y sedimentos.

Otra tendencia actual es el creciente aumento de los suministros de agua dulce mediante métodos altamente intensivos en el consumo de energía (por ejemplo, la desalinización), especialmente allí donde existe una escasez de agua endémica.

El WWDR también ilustra la vulnerabilidad de la generación de energía frente al tiempo atmosférico y las condiciones climáticas cambiantes: la escasez de agua de refrigeración durante los últimos veranos cálidos y secos llevó a varias centrales térmicas

(nucleares y de combustibles fósiles) en Europa y el sudeste de EE.UU. a reducir su producción. Las centrales termoeléctricas producen la mayo-

ría del total de electricidad de los EE.UU. (91%) y de Europa (78%). Se prevé que una expansión geográfica junto con un aumento de

la escasez y estrés hídricos afectarán a cerca de la mitad de las cuencas fluviales de la UE en 2030 (CE, 2012c).

EL VALOR DE DISPONER DE HERRAMIENTAS PARA PROMOVER EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA REALIDAD DE LA BAJA INTEGRACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DISPONIBLES

A nivel mundial se ha establecido la necesidad de desarrollar kits de herramientas para la gestión de este trinomio (NU, 2014). No sólo para satisfacer los recientemente definidos “Objetivos de Desarrollo Sostenible” Post-2015 de las Naciones Unidas (ODS). En una evaluación inicial discutida más adelante en el texto se demostrará⁵ el impacto multifacético de un enfoque trinómico. Este enfoque (intersectorial) para la gestión del recurso –también de manera transfronteriza– podría facilitar significativamente el avance en la consecución de muchos de los ODS propuestos por el Grupo de Trabajo Abierto, incluyendo (pero no limitado a) aquellos referidos al hambre y

la seguridad alimentaria, la disponibilidad y gestión sostenible y universal del agua y su saneamiento así como el acceso universal a la energía.⁶

Las herramientas que sustentan la formulación de políticas sectoriales están en creciente integración. Así la denominada, Planificación Energética Integrada (PEI), Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), Gestión Integrada de Usos del Suelo (GIUS), etc. se han desarrollado para estudiar, planificar y desarrollar políticas para la gestión de los distintos recursos. Sin embargo, existen ejemplos en los que los resultados derivados de estas herramientas han demostrado ser inadecuados, especialmente allí donde los recursos están estrecha-

mente relacionados (Welsch *et al.*, 2014, Herman *et al.*, 2013). Cada enfoque examina futuros escenarios de desarrollo de su sector, pero no consideran escenarios consistentes y concurrentes de otros sectores. Los procesos de gestión integrada explicitan dichos vínculos intersectoriales. Sin embargo, por lo general, asumen que los sectores relacionados son estáticos, o que su desarrollo no se verá modificado de manera fundamental por perturbaciones, supuestos del escenario o efectos inducidos. Esto puede provocar pasar por alto o ignorar efectos relevantes. Para superar esto, son necesarios nuevos enfoques y para ello se están desarrollando métodos prometedores (Howells y Rogner, 2014).

Las deficiencias en la coordinación intersectorial son un importante reto tanto en el plano nacional como en el transfronterizo, tanto para países en desarrollo, economías en transición o países desarrollados. En las cuencas transfronterizas los impactos se propagan potencialmente más allá de las fronteras nacionales, requiriendo llamar a la cooperación entre los países ribereños en la gestión y uso de los recursos hídricos



Fig. 1. Con pocos recursos vitales, los migrantes han hecho un llamamiento para la ayuda de las agencias de la ONU y organizaciones no gubernamentales. Dar al Salam, Sudán.

© UN Photo/Albert González Farran.

compartidos, incluyendo sus infraestructuras hidráulicas. En tales contextos, las soluciones de compromiso y las externalidades pueden causar fricción entre los países ribereños y sus distintos intereses. En estos casos, el desarrollo de un enfoque para evaluar el Nexo-Agua-Energía-Alimentos-Ecosistemas a fin de mejorar la coordinación intersectorial y la cooperación transfronteriza, muestra una utilidad clara.

Si bien todos los sectores son importantes, en el contexto de las cuencas transfronterizas, el agua proporciona un punto de entrada a este análisis del Nexo. La conexión física que crea entre los países exige una coordinación transfronteriza. Se hace cada vez más obvio que las diferentes políticas sectoriales y planes de desarrollo que impactan significativamente sobre la situación de los recursos de agua están fuera del

dominio y la influencia de la propia gestión del agua, lo que subraya la necesidad de cooperar estrechamente con los diferentes sectores económicos. Como tal, este análisis del Nexo puede ser visto como una etapa subsiguiente (o incluso paralela) a la GIRH. Su propósito es fortalecer la cooperación transfronteriza involucrando activamente a todos los sectores cuya acción puede mejorar las sinergias.

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS POLÍTICAS INTEGRADAS

Para el desarrollo de estas herramientas, varios casos de estudios han sido desarrollados y se han diseñado para determinar su relevancia política. Entre éstos, se han incluido:

- A nivel subnacional (Cuadro 2A), el desarrollo de herramientas que evalúen la política del agua y la eficiencia energética de manera integrada.
- A nivel nacional, retos relacionados con el cumplimiento de objetivos concurrentes amenazados por el cambio climático (Cuadro 2B), y el desarrollo de políticas de seguridad y de mitigación coherentes.
- A nivel mundial (Cuadro 2C), un primer conjunto de herramientas abiertas para el análisis del desarrollo en el contexto de Nexo.

Estos análisis de Nexo tienen como objetivo mejorar la situación mediante el desarrollo de evaluaciones integradas para fortalecer la base de conocimientos, trabajando transversalmente a los distintos sectores y para el desarrollo de políticas coherentes que apoyen la co-optimización. Bazilian *et al.* (2011), basado en (OIEA, 2009) concluyen que el tratamiento de las tres áreas del trionomio entre Agua-Alimentos-Energía de manera integrada conduciría a la mejor asignación de los recursos, la mejora de la eficiencia económica, la reducción de impactos ambientales y de salud, mejores condiciones

de desarrollo económico, en resumen, una mejora del bienestar general.

El agua es un importante punto de entrada, puesto que los recursos hídricos son utilizados por casi todos los sectores económicos y de la sociedad para diferentes propósitos y por diferentes usuarios.

Cuando se trata de los recursos hídricos, la tensión y los conflictos potenciales pueden resultar de la colisión entre objetivos sectoriales, repercusiones no contempladas derivadas de la gestión del recurso y las soluciones de

compromiso entre los sectores, tanto a nivel nacional como internacional. Un ejemplo clásico de un uso del agua para la energía, que podría afectar a otros usos del agua es la energía hidroeléctrica que—si se desarrolla de manera unilateral sin la debida consideración a las necesidades de Estados ribereños aguas abajo y a los impactos intersectoriales— puede degradar las relaciones transfronterizas.

El derecho internacional del agua y sus instrumentos son necesarios para proveer procedimientos con-

Cuadro 2

Desarrollo de herramientas políticas integradas

A. Avanzar hacia una gobernanza más integrada no es un objetivo trivial. Requiere de nuevas habilidades, herramientas y motivación. Aquí es donde (Bartos y Chester, 2014) en su artículo "El vínculo de Conservación: Valoración interdependiente de Ahorros de Agua y Energía en Arizona" realiza una aportación. La aplicación de un modelo de Agua-Energía integrado recientemente finalizado, ilustra cómo los sistemas de agua y energía están fuertemente relacionados en Arizona, si bien sus políticas sectoriales estatales no lo están. Los autores muestran que las medidas para reducir el consumo del agua pueden reducir indirectamente las necesidades de suministro de energía. Esto se traduce no sólo en un ahorro en las facturas de agua de todo el estado, sino también (indirectamente) en las facturas de energía, y viceversa. En clave socioeconómica, esto se traduciría en servicios más baratos y un uso más eficiente de los recursos (Howells y Rogner, 2014).

B. En Burkina Faso un estudio indica que un aumento del consumo de energía y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero—GEI— inducen de manera desproporcionada, una mejora en el acceso a la energía y reduciendo las propias emisiones de GEI. (Hermann *et al.*, 2012). En esencia, el trabajo muestra que mediante la intensificación de la agricultura (que requieren una mayor mecanización, mayor consumo de combustible, y de fertilizantes generadores de GEI) se requiere menos tierra agrícola. Una menor necesidad de tierras de cultivo reduce la tasa de deforestación. A mayor superficie boscosa, mayor reserva de carbono. Esto proporciona más leña disponible, fuente principal de energía en el país. Un mayor número de bosques captura y reduce las emisiones de GEI. En las islas Mauricio (Howells *et al.*, 2013) se muestra que una política destinada a reducir la dependencia de las importaciones de energía, reducir las emisiones de GEI y mejorar el rendimiento económico es contraproducente bajo un escenario de un potencial cambio climático. La política, para pasar la producción de azúcar a la de bioetanol, no valoró aspectos intersectoriales. Tenidos en cuenta, se muestra que los descensos de las precipitaciones, requieren mayor energía para el bombeo de agua y su desalación para mantener los mismos niveles de cosecha. Esto es costoso y requiere la importación de carbón para alimentar las centrales eléctricas que respondan a la creciente demanda de electricidad. Los precios del agua aumentarían, y también el costo de cultivo. A su vez, el precio del etanol producido se incrementaría, siendo menos competitivo en el mercado internacional. El incremento de la quema de carbón (la opción más barata para la isla) aumenta las emisiones de GEI de la isla. Estas interacciones de capitalización habían pasado desapercibidas, si bien se consideraba que se había llevado a la práctica una planificación "integrada".

C. A nivel global (NU, 2014), la NU ha desarrollado el primer modelo Global de código para el análisis de Nexo (llamado GLUCOSE). Éste fue desarrollado para mostrar, entre otras cosas, si los planes de desarrollo sectoriales son coherentes entre sí, indicando que éste no era el caso. Por ejemplo, no existe suficiente tierra para proveer las necesidades de alimentos y de biocombustibles, si las tendencias dietéticas actuales y tendencias de la productividad agrícola no se ven modificadas. Sin embargo, un gran número de proyecciones globales de reducción de GEI abogan por una adopción a gran escala de los biocombustibles.

sultivos, claros y transparentes para el desarrollo de todo tipo de proyectos –aprovechamientos energéticos inclusive– en cuencas transfronterizas que permitan lograr una toma de decisiones mejor informadas, prevenir los conflictos y dar lugar a mejores opciones de desarrollo (Cuadro 3).

En resumen, la gestión de aguas transfronterizas requiere no sólo la cooperación internacional sino como se ha demostrado, también una coordinación intersectorial.

Hasta ahora los trabajos realizados sobre el trinomio Agua-Alimentos-Energía dirigidos específicamente a las cuencas fluviales transfronterizas son pocos, y no existen herramientas específicamente diseñadas para hacer frente a este análisis. Un enfoque de la evaluación de sus vínculos intersectoriales, soluciones de compromiso y beneficios, desarrollados para cuencas transfronterizas en el marco del Convenio del Agua de la NUECE (Cuadro 4), permitirá identificar dónde existen significativas relaciones transectoriales y transfronterizas. Esto permitirá sentar las bases para la implementación de acciones coordinadas para hacer frente a las necesidades de desarrollo.

Cuadro 3
El binomio Agua-Energía en un contexto transfronterizo: el desarrollo de aprovechamientos hidroeléctricos y el derecho internacional
El desarrollo del potencial hidroeléctrico proporciona oportunidades para el desarrollo económico y la reducción de la pobreza, pero también puede generar potenciales impactos sobre el medio ambiente y sobre otros usos del agua, incluyendo los de los países ribereños.
Los principios fundamentales del derecho internacional del agua –es decir, la utilización equitativa y razonable, la prevención de repercusiones transfronterizas significativas, y la obligación de cooperación– son de fácil aplicación a la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas, así como a la operación y mantenimiento de las ya existentes. El derecho internacional impone en estos casos obligaciones más específicas a los Estados, como la de tomar todas las medidas necesarias, p. ej. realizar un análisis previo y posterior, a fin de mantener y proteger las infraestructuras, instalaciones y otras obras en los cursos de agua internacionales, y de notificar y someter a consulta futuras medidas planeadas.
Las convenciones ambientales de la NUECE, en particular, la Convención sobre la Protección y Utilización de Cursos de Agua Transfronterizos y Lagos Internacionales (Convenio del Agua, 1992) y la Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en Regiones Transfronterizas (Convenio de Espoo, 1991), proporcionan marcos legales fuertes para la cooperación sobre las medidas previstas en cursos de agua transfronterizos. Los últimos avances en el Convenio del Agua de la NUECE al convertirse en un tratado global, la entrada en vigor de la Convención sobre el Derecho del Usos No Navegables de Cursos de Aguas Internacionales (Convención de NU de Agua, 1997), y la apertura futura del Convenio de Espoo contribuirán a lograr reforzar los marcos jurídicos para la cooperación sobre aguas compartidas y la infraestructura hídrica a nivel global.

Cuadro 4
La Convención del Agua de la NUECE
La Convención sobre la Protección y Utilización de Cursos de Agua Transfronterizos y Lagos Internacionales (Convención del Agua) adopta un enfoque integrado e intersectorial para la regulación de las cuestiones de cantidad y calidad del agua. Esto implica el fortalecimiento de las medidas a nivel local, nacional y regional para prevenir, controlar y reducir los impactos transfronterizos –uno de los principios fundamentales de la Convención– y para asegurar la gestión sostenible de esas mismas aguas transfronterizas. Como su otro principio fundamental, el Convenio promueve la utilización equitativa y razonable de las aguas transfronterizas (por ejemplo NUECE, 2011).
La Convención del Agua se firmó en Helsinki en 1992 y entró en vigor en 1996. Alrededor de 39 países europeos son firmantes de la Convención. La Convención del Agua, inicialmente negociada como un instrumento regional (pan-Europeo) ha sido enmendada en 2003 para abrirse a nivel mundial, a todos los Estados miembros de las NU, entrando estas enmiendas en vigor en 2013 (NUECE, 2013).

EL ENFOQUE DE NUECE PARA EVALUAR EL BINOMIO AGUA-ENERGÍA

En su sexto período de sesiones (Roma, 28-30 de noviembre de 2012), la Reunión de las firmantes de la Convención del Agua incluyó una evaluación del Nexo Agua-Energía-Alimentos-Ecosistemas

en el programa de trabajo de la Convención para el bienio 2013-2015. Esta decisión fue tomada en reconocimiento de la posibilidad de que la tensión y los conflictos potenciales en la gestión del agua podrían derivarse de la colisión entre objetivos sectoriales, repercusiones no contempladas derivadas de la gestión del recurso y las soluciones de compromiso entre los sectores, tanto a nivel nacional como internacional. Mediante la evaluación de la situación en las cuencas transfronterizas de manera conjunta y la mejora de la base disponible de conocimientos, se pueden lograr sinergias e identificar soluciones potenciales.

En esa misma sesión, los delegados de la Convención del Agua de la NUECE establecieron además un Grupo de Trabajo sobre el Nexo Agua-Alimentación-Energía-Ecosis-

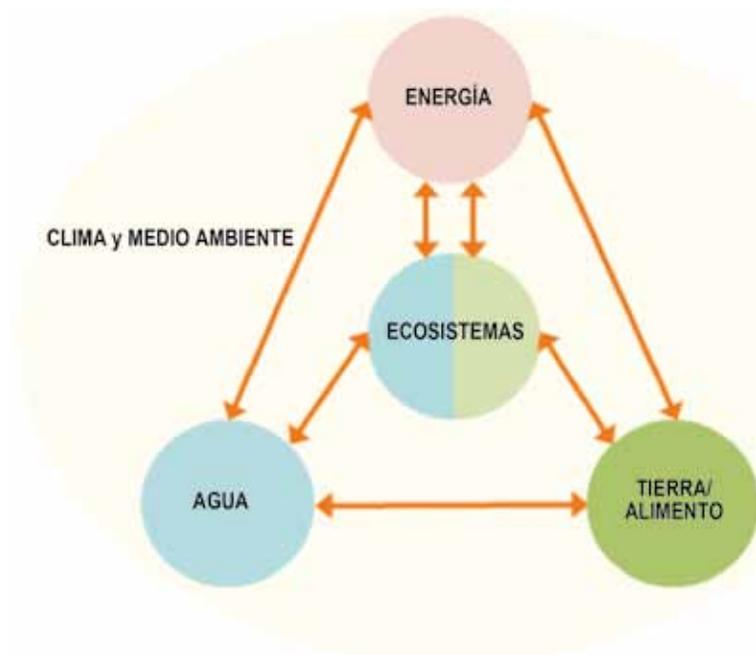


Fig. 2. Un diagrama de Nexo que refleja las interrelaciones contempladas.

Cuadro 5**El Grupo de Trabajo sobre el Nexo Agua-Alimentación-Energía-Ecosistemas**

La labor del Grupo de Trabajo trata de abordar, a través de una mejor comprensión, los problemas derivados de la baja coherencia y la falta de integración entre las políticas sectoriales, que se traducen en impactos negativos sobre el estado de las aguas compartidas.

El Grupo de Trabajo reúne principalmente representantes de países que comparten cuencas en las que se ha propuesto evaluar dicho Nexo, así como los representantes de las organizaciones que emprenden iniciativas paralelas, socios, expertos y otras partes interesadas. Las reuniones del Grupo de Trabajo en abril de 2013 y en septiembre de 2014 permitieron la consulta a los países acerca de sus necesidades y expectativas; sentando las bases para el desarrollo de un planteamiento; revisión, comentarios y refinamiento de la metodología, así como el intercambio de experiencias.

temas para supervisar y realizar una evaluación de una serie de cuencas transfronterizas seleccionadas por cuestiones intersectoriales para su caracterización (Cuadro 5).

El objetivo de la evaluación es identificar sinergias intersectoriales que puedan explorarse en profundidad y se utilicen para generar beneficios adicionales en las diferentes cuencas, y para determinar las medidas y acciones políticas que podrían

paliar las consecuencias negativas de este enfoque ayudando a optimizar el uso de los recursos disponibles.

El proceso de evaluación deberá ayudar a los países a avanzar hacia una mayor eficiencia en el uso de los recursos, una mayor coherencia de las políticas y una mayor cogestión, así como desarrollar la capacidad para abordar las cuestiones desde un punto de vista intersectorial.

El proceso también busca generar información relevante para apoyar la toma de decisiones a diferentes niveles hacia un uso más eficiente de los recursos y para mejorar su sostenibilidad. Se ha diseñado para legitimar el liderazgo de las autoridades en el proceso, la participación significativa de las diversas partes interesadas, un aprender juntos (desarrollando la capacitación de los países) y el intercambio de experiencias entre cuencas.

La parte participativa del proceso se basa en la organización de un taller

intersectorial de cuenca, consistente en examinar los planes sectoriales de los países ribereños “y discutir la compatibilidad entre los distintos planes sectoriales”. Por otra parte, ya que no es suficiente considerar la dinámica intersectorial en el presente, se explorarán, principalmente en términos descriptivos, las implicaciones futuras de los cambios de paradigma y de la evolución probable del clima sobre esos vínculos intersectoriales.

Una vez que las principales cuestiones intersectoriales hayan sido identificadas y las más importantes, caracterizadas por los participantes del taller, el objeto del taller se reconfigurará para abordar cómo conciliar mejor los diferentes usos, esto es,

Fig. 3. La MINUSTAH y la OPC trabajan para rehabilitar el sistema de agua potable. Saut d'Eau, Haití.
© UN Photo/Victoria Hazou.

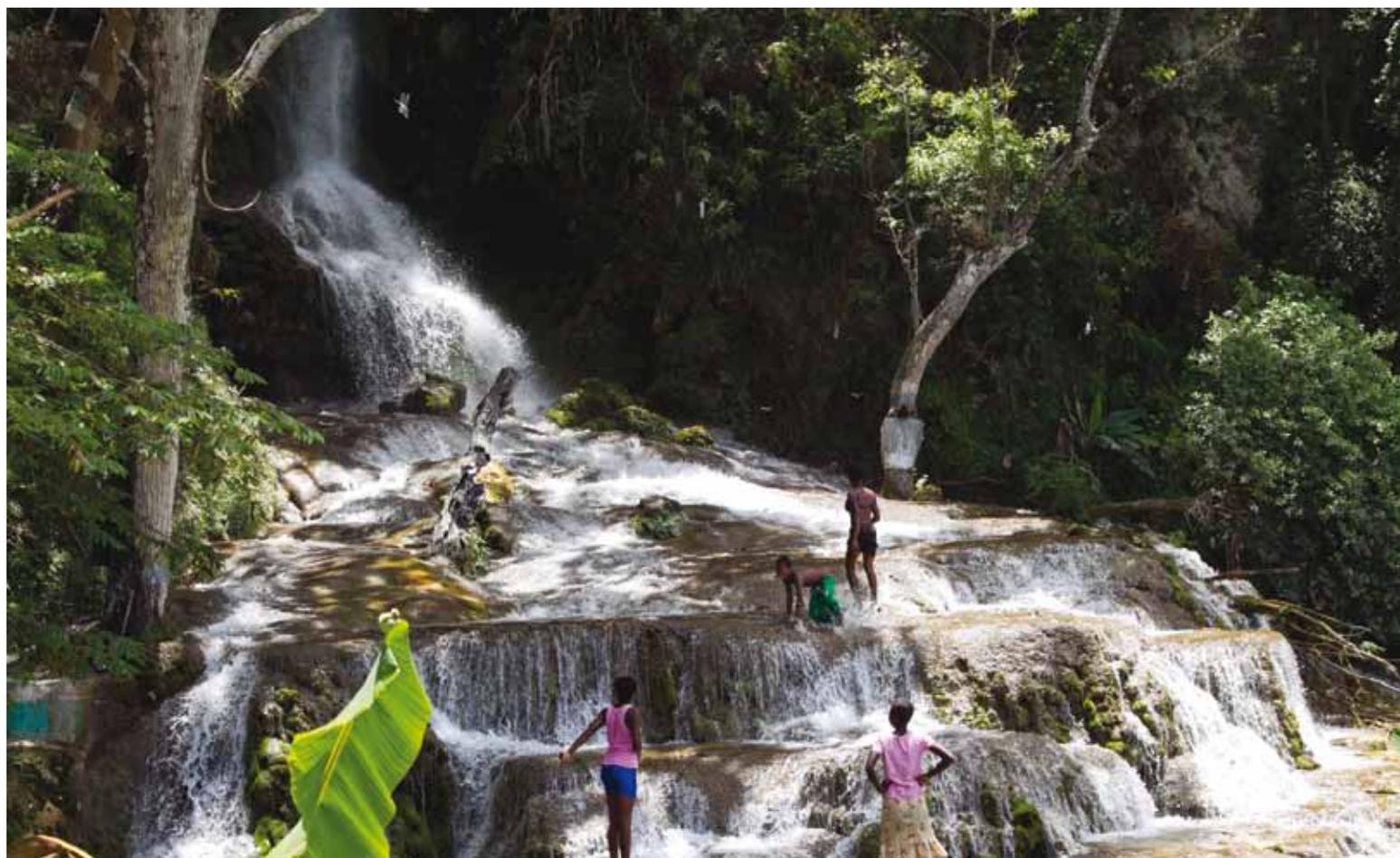




Fig. 4. Elementos clave de la metodología desarrollada para evaluar el Nexo Agua-Alimentos-Energía-Ecosistemas en cuencas transfronterizas.

identificar qué oportunidades existen para reducir los impactos negativos y mejorar las sinergias.

La siguiente fase del análisis se basa, justificado mediante el uso de indicadores, en identificar las principales cuestiones intersectoriales conjunta-

mente entre los países ribereños. Los indicadores ayudan a ilustrar aspectos tales como la demanda de los recursos por sector y la eficiencia de su uso, sus dependencias, así como la escasez y garantía de los distintos recursos (agua, alimentos, energía y medio ambiente).

Este enfoque, desarrollado por el Instituto Real de Tecnología (KTH, Estocolmo) en cooperación con la NUECE, se presenta esquemáticamente en la Figura 4.

La aplicación de la metodología ha demostrado que facilita el diálogo transversal entre los sectores y los recursos. Los representantes de los países han apreciado la oportunidad para mantener discusiones intersectoriales, que no son una práctica común, incluso a nivel nacional. Se desarrolló el marco general de evaluación para evaluar cuencas diversas, si bien la metodología permite la flexibilidad para adaptarse a las características de cada cuenca.

LA EVALUACIÓN DE NEXO EN LA CUENCA

TRANSFRONTERIZA DEL ALAZANI/GANIKH - CONCLUSIONES SELECCIONADAS

Una evaluación del Nexo, en presente desarrollo, es la de la Cuenca Alazani/Ganikh, compartida por Azerbaiyán y Georgia, nos permite ilustrar la aplicación de la metodología. Sus resultados demuestran la necesidad y el valor de la cooperación transfronteriza e intersectorial en ámbitos más allá del hídrico, exclusivamente. Si bien la

evaluación en sí misma, proporciona una orientación útil a las partes interesadas en la región, su organización requiere una justificación para poder propiciar la adopción de un análisis de Nexo para sus futuros procesos de toma de decisiones.

En aplicación de la metodología, el taller de cuenca es un elemento

básico, organizada en el caso de la cuenca Alazani/Ganikh en Georgia en noviembre de 2013, en cooperación con el proyecto NUDP/FMAM Kura “Reducción de la degradación transfronteriza de la cuenca del río Aras Kura” y el Ministerio de Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales de Georgia. El taller reunió a los mi-

nisterios de medio ambiente, energía, agricultura, de gestión de emergencias, comunidades, agencias estatales, empresas y sociedad civil de ambos países para identificar conjuntamente tendencias futuras y las principales cuestiones intersectoriales (Fig. 5).

Se brindó una especial atención a los vínculos intersectoriales y transfronterizos. Estos se necesitarían más tarde para identificar las áreas de cooperación. Los efectos entre los sectores se describieron de manera cualitativa. Esta descripción se hizo en términos generales teniendo en cuenta las tendencias socio-económicas (crecimiento de la población, el desarrollo económico, etc), las orientaciones estratégicas y prioridades de los países así como condicionantes externos, como el cambio climático.



Fig. 5. Partes interesadas trabajan en la identificación de los principales vínculos intersectoriales en el taller de evaluación del Nexo celebradas en Kachreti, Georgia. Foto: Ministerio de Medio Ambiente de Georgia.

Escenarios de desarrollo integrado

Uno de estos escenarios de la cuenca Alazani/Ganikh es el estudio de las implicaciones del uso continuado de la leña como fuente de energía de los hogares de Georgia, que pone de relieve las implicaciones de la política energética en los ecosistemas y los recursos hídricos. La leña extraída de un bosque proporciona el calor necesario para cocinar y la calefacción. Sin embargo, su uso aumenta la contaminación en el hogar. Como la madera es gratis, y el costo de oportunidad en tiempo de la población para recogerla es bajo, se mantuvo esta tendencia. (En Azerbaiyán, los combustibles alternativos son accesibles a un bajo costo.) Sin embargo, la recogida de leña provoca deforestación (un vínculo intersectorial). La deforestación provoca pérdidas de eficiencia en el funcionamiento de los ecosistemas (otro vínculo intersectorial). Entre otras, éstas incluyen una pérdida de los efectos de mitigación y control de inundaciones (debido al aumen-

to de escorrentía de la lluvia), una reducción de la reserva de carbono terrestre (al ser el carbono capturado por los árboles de los bosques) y la degradación de los ecosistemas. La falta de control de las inundaciones y la dificultad de limitar de manera efectiva las inundaciones repentinas, aumenta la gravedad de los efectos de las mismas (otro vínculo intersectorial). Puesto que Georgia se

encuentra aguas arriba, las inundaciones se propagan aguas abajo, y al conformar el río una parte sustancial de la frontera, ambos países se ven afectados por las inundaciones y sus efectos sobre la erosión (un nuevo vínculo transfronterizo). Su efecto neto es a la vez intersectorial y transfronterizo.

Soluciones transfronterizas e intersectoriales

Tras una tormenta de ideas y la identificación de necesidades y problemas en las que se descubrieron las cuestiones intersectoriales clave en el cumplimiento de esas necesidades, se procedió a identificar posibles soluciones intersectoriales de carácter transfronterizo. Las soluciones aportadas fueron de varios tipos: cambios de políticas, nuevas políticas,

prácticas de gestión y seguimiento, acuerdos, operación de infraestructura, etcétera. Resultaron ser particularmente prometedoras aquellas que requerían una acción intersectorial de carácter transfronterizo.

En la cuenca del Alazani, la contaminación del aire en interiores se reduce al abandonar la población el uso de la leña como combustible en

Fig. 6. La Asamblea General de la ONU declaró en 2011 como el Año Internacional de los Bosques para sensibilizar sobre la gestión sostenible, la conservación y el desarrollo sostenible de todos los tipos de bosques. Bosung, República de Corea. © UN Photo/Kibae Park.



Georgia. Esto mejora la salubridad de los hogares (un beneficio). Así mismo, la reducción de la cosecha de leña aumenta la masa boscosa. Este aumento captura dióxido de carbono en forma de biomasa leñosa (un beneficio intersectorial). Éste aparece reflejado en las cuentas nacionales de GEI (una acción local con implicaciones nacionales). Además, el aumento de la cubierta forestal mejora la salud de los ecosistemas de la región, apoyando a su vez a un sector clave del crecimiento económico, el turismo (otro beneficio intersectorial). El aumento de masa forestal amortigua y reduce la escorrentía, facilitando la regulación de las lluvias y el control de inundaciones. Puesto que Georgia se encuentra aguas arriba, su efecto se siente aguas abajo en Azerbaiyán.

Una acción intersectorial en respuesta a una problemática de dimensión transfronteriza ha sido la sustitución de la leña como combustible en la parte georgiana de la cuenca Alazani/Ganikh. En este sentido, Georgia ya está importando gas natural desde Azerbaiyán.

Este es sólo un claro indicio del valor añadido generado por un enfoque de Nexo o una perspectiva intersectorial. El modelo permite ayudar a descubrir los co-beneficios (o costos externos) asociados a las acciones de un sector, proporcionando la información a nivel local y nacional, así como transnacional.

Los beneficios potenciales de tales opciones de cooperación transversal entre sectores y países estarán fundamentados, en la medida en que los datos disponibles sean suficientes para respaldarlo mediante cifras (por ejemplo, en la reducción de emisiones o de ahorros obtenibles etc).

Los países también están barajando otras opciones para disponer de energía en la cuenca mediante el desarrollo de pequeñas plantas hidroeléctricas, siendo el reto hacer sostenible este desarrollo, minimizando los impactos ambientales.

La vinculación con los procesos políticos pertinentes

Lo ideal sería que el esfuerzo de análisis y diálogo se prolongase hasta explorar quién (qué sector, organización, etc.) está en posición para hacer frente a las posibles soluciones y cómo éstas podrían traducirse en acciones concretas y cuáles de ellas podrían ser realizadas a nivel local, implicando a las autoridades. Esto se conseguiría a través de su vinculación a iniciativas o procesos políticos previstos o en curso; por ejemplo, en algunas cuencas cuyos países ribe-

reños forman parte de la Iniciativa Nacional de Diálogos sobre Política del Agua de la UE, especialmente en aquellos donde las implicaciones de los resultados de la evaluación puedan conformar la política hídrica. En algunos casos, las organizaciones como los organismos de cuenca u otros órganos conjuntos posiblemente con una representación múltiple de los sectores, podrían proporcionar un marco para la identificación de las futuras actividades beneficiosas.

En los países ribereños de la cuenca del Alazani/Genikh los desarrollos políticos relevantes que la evaluación ha podido informar incluyen la nueva Estrategia Hídrica de Azerbaiyán y sus planes de desarrollo regional, la nueva estrategia energética de Georgia y su nueva Ley de Aguas, actualmente en trámite parlamentario así como el acuerdo bilateral de cooperación hidráulica en fase de negociación entre Azerbaiyán y Georgia.

HACIA LA COHERENCIA POLÍTICA Y UNA MEJOR GOBERNANZA

La gobernanza, sumada a la coordinación intersectorial y la participación de los diferentes intereses y actores son pilares básicos para la puesta en práctica de este enfoque de Nexo.

Es necesaria la disposición de marcos legales en una cuenca transfronteriza que incluyan tanto convenios marco como acuerdos específicos: con énfasis en la complementariedad y la coherencia es necesaria. Las instituciones conjuntas de cooperación transfronteriza en todo el mundo demuestran (con diferentes grados de éxito) el fomento del diálogo entre los distintos intereses apoyando la armonización etc.

A nivel transfronterizo, los marcos e instrumentos del derecho internacional, como la Convención del Agua de la NUECE contribuyen al fortalecimiento de la base legal e institucional. Por ejemplo, a través de la obligación de las partes ribereñas a adherirse a acuerdos sobre las aguas transfronterizas que comparten y establecer órganos mixtos como comisiones de cuenca para su aplicación.

Entre las razones subyacentes a abordar las cuestiones intersectoriales a nivel transfronterizo son entre otras, las siguientes:

- Inexistencia de Acuerdos o entidades.
- Periodos de mandato limitado de las instituciones participantes.
- Composición de las instituciones y procesos de toma de decisiones.
- Capacidad de aplicación débil de los acuerdos, etc.

Fig. 7. El Consejo Económico y Social (ECOSOC) debate sobre la Contribución en la Elaboración de la Agenda de Desarrollo Post-2015. Ginebra, Suiza.

© UN Photo/Jean-Marc Ferré.





Fig. 8. El acceso al agua y saneamiento en los países en desarrollo. Dhaka, Bangladesh. © UN Photo/Kibae Park.

Algunos factores clave relacionados con los aspectos intersectoriales de la cooperación transfronteriza se derivan de los principios de organización y de las actividades que en general aumentan la eficiencia de los organismos mixtos y que contribuyen a alcanzar un nivel de madurez de la cooperación,⁷ a destacar entre ellos, una representación de las autoridades nacionales suficientemente amplia (más allá de la gestión del agua) en el cuerpo de la discusión, que garantice la representación de todos los intereses y sensibilidades manteniendo al mismo tiempo una estructura de la institución, operativa.

Uno de los componentes de la metodología desarrollada en el marco de la Convención del Agua es una evaluación institucional que se centra en estudiar si los acuerdos institucionales a nivel transfronterizo conducen de hecho a la coordinación

intersectorial. Su base es un análisis de las estructuras institucionales y de gobernanza relacionados con la cuenca de ríos seleccionados, con el objeto de obtener una mejor comprensión del contexto en el que los distintos sectores de actividad operan.

Cuadro 6
El emergente análisis de la gobernanza
La metodología para el análisis de los aspectos de gobernanza, desarrollado en cooperación con la Universidad de Ginebra para el análisis del Nexa bajo la Convención del Agua se divide en cuatro etapas principales, que se enumeran a continuación.
1) Identificación de los principales sectores de actividad involucrados en la gestión de los recursos que se tratan;
2) Análisis de las principales políticas y reglamentos a nivel sectorial e intersectorial;
3) Análisis de la configuración de los actores y su naturaleza, así como los vínculos entre los mismos (actores privados, actores públicos, actores nacionales, actores internacionales, asociaciones de usuarios, ONGs, etc.);
4) Identificación de puntos calientes específicos, esto es, las principales rivalidades en los diferentes niveles institucionales (local, regional, nacional y transfronterizo).

OBSERVACIONES FINALES: VALOR DE LAS EVALUACIONES INTEGRADAS PARA LA TOMA DE DECISIONES Y DESARROLLO DE POLÍTICAS

Se puede concluir que potencialmente existe mucho que ganar para los gobiernos impulsores de evaluaciones integradas. Al compartir información y por medio del diálogo, aplicando estos instrumentos de evaluación (incluyendo la cartografía y modelos), es posible encontrar oportunidades beneficiosas para todos.

Sin embargo, atribuir un alto nivel de expectativas también puede conducir a decepciones, como una ambición excesiva para la gestión de unos recursos limitados. La participación activa y el compromiso de los distintos actores clave son necesarias para hacer de una evaluación de Nexus en un ejercicio relevante que justifica la política y sus decisiones a diferentes niveles.

Si bien los diálogos intersectoriales transfronterizos tienen un valor intrínseco, se necesitan datos adecuados para producir un análisis preciso y significativo. En cualquier caso, un ejercicio de evaluación con un análisis y un alcance limitados puede indicar una dirección correcta y resaltar los beneficios potenciales que puedan analizarse en profundidad; por ejemplo, las sequías sensibilizan acerca de las vulnerabilidades y pueden desencadenar un uso más racional del agua.

La base de conocimientos sobre impactos intersectoriales y sus efectos colaterales está mejorando a pesar de que la disponibilidad de ejemplos cuantificados sea limitada. Además, las buenas prácticas están

siendo difundidas, labor a la que muy bien pueden contribuir las asociaciones. La situación específica de cada cuenca con su correspondiente acuífero, así como la especificidad de su contexto común deben ser tenidas en cuenta. Sin embargo, se requiere una evaluación muy cuidadosa para que las “soluciones” de otras cuencas puedan ser trasplantables.

Dra. Anukka Lipponen

División de Medio Ambiente,
Comisión Económica de las Naciones Unidas
para Europa (NUECE)

Prof. Mark Howells

Departamento de Análisis
de Sistemas de Energía,
Royal Institute of Technology

Notas

1. Las opiniones expresadas en este artículo son exclusivas de sus autores y no reflejan necesariamente las opiniones de la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa.
2. El término Nexo en el contexto del agua, alimentos y la energía se refiere al hecho de que estos sectores están inseparablemente vinculados, por lo que las acciones en un área pueden tener un impacto sobre otros, así como en el ecosistema.
3. La región NUECE cubre 56 países Europeos, Rusia y Norteamérica.
4. Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
5. Subrayando la presente preocupación internacional sobre la coherencia de las políticas, el Foro de Alto Nivel Político (HLPF) sobre el Desarrollo Sostenible de 2014, celebrado bajo los auspicios del Consejo Económico y Social (ECOSOC), incluyó entre sus temas de debate “De las políticas estancas a una política integrada”. En uno de sus documentos de antecedentes se señala: En el contexto de una agenda universal, de desarrollo sostenible Post-2015, centrada en las personas, se puede esperar que dicha integración esté en el centro del interés político.
6. En la propuesta de la OWG, los objetivos mencionados anteriormente se definen como sigue: Objetivo 2: Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible.

Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento universales.

Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. Para obtener una lista completa de los ODS propuestas, se deberá consultar el informe de la OWG.

7. Los principios para el funcionamiento eficiente de órganos multilaterales está disponible en el documento WG.1/2014/INF.2 en http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/WAT/06Jun_25-26_Geneva/Informal_doc_2_Principles-of-joint-bodies_final.pdf.

Referencias bibliográficas

- Bazilian, Morgan, Rogner, H., Howells, Mark, Hermann, Sebastian, Arent, D., Gielen, Dolf, Steduto, Pasquale, Mueller, A., Komor, P., Tol, R.S.J., Yumkella, K.K., 2011. Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39, 7896-7906.
- Howells, Mark, Hermann, Sebastian, Welsch, Manuel, Bazilian, Morgan, Segerström, R., Alfstad, Thomas, Gielen, Dolf, Rogner, H., Fischer, Guenther, van Velthuizen, H., Wiberg, D., Young, Charles, Roehrl, R.A., Mueller, A., Steduto, Pasquale, Ramma, Indoomatee, 2013. Integrated analysis of climate change, land-use, energy and water strategies. *Nat. Clim. Change* 3, 621-626.

- United Nations, 2014. *Global Sustainable Development Report*.
- NUECE 2011. *Strengthening Water Management and Transboundary Water Cooperation in Central Asia: the Role of NUECE Environmental Convention*. United Nations, New York and Geneva.
- Fifth World Water Development Report (WWDR) (NU-WWAP, 2014), “Water and Energy”.
- Bartos, M.D., Chester, M.V., 2014. The Conservation Nexus: Valuing Interdependent Water and Energy Savings in Arizona. *Environ. Sci. Technol.* 48, 2139-2149. doi:10.1021/es4033343/.
- Hermann, S., Welsch, M., Segerstrom, R.E., Howells, M.I., Young, C., Alfstad, T., Rogner, H.-H., Steduto, P., 2012. Climate, land, energy and water (CLEW) interlinkages in Burkina Faso: An analysis of agricultural intensification and bioenergy production. *Nat. Resour. Forum* 36, 245-262. doi:10.1111/j.1477-8947.2012.01463.x/.
- Howells, M., Rogner, H.-H., 2014. Water-energy nexus: Assessing integrated systems. *Nat. Clim. Change* 4, 246-247. doi:10.1038/nclimate2180/.
- IAEA, I.A.E.A., 2009. Annex VI: Annex VI SEEKING SUSTAINABLE CLIMATE, LAND, ENERGY AND WATER (CLEW) STRATEGIES, in: *Nuclear Technology Review*. International Energy Agency.
- NU, 2014. Chapter 6: Special theme – The Climate Land-Energy-Water-Development nexus, in: *Prototype Global Sustainable Development Report*. United Nations, New York.



#WaterForLifeVoices



2013



WORLD ANNUAL CIVIL ENGINEERING REPORT



WORLD ANNUAL CIVIL ENGINEERING REPORT

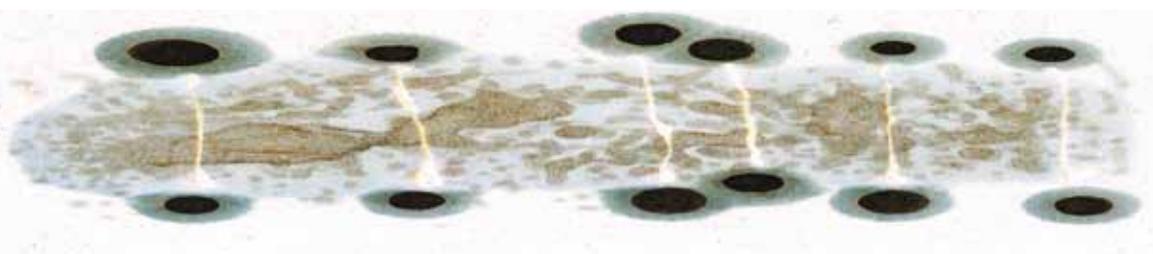


AGUA Y ENERGÍA,

ALIANZA DECISIVA

PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

Ángel Simón Grimaldos



DESCRIPTORES:
AGUA
ENERGÍA
ALIMENTOS
GLOBALIDAD
COOPERACIÓN
CAMBIO CLIMÁTICO
DESARROLLO SOSTENIBLE

Agua, aire, fuego y tierra constituían hace miles de años, cuando aún se creía que el mundo era plano y la vida más lenta, los elementos básicos sobre los que se asentaba la explicación de la naturaleza, la base de la vida. Los cuatro elementos formaban el pedestal de la cosmogonía en tiempos pre-cráticos. Ahora, la base de nuestro presente y, sobre todo, de nuestro futuro se ha transmutado en un triángulo en el que el agua, los alimentos y la energía constituyen los vértices de un espacio de globalidad planetaria en cuyo centro se encuentran las personas.

El agua, que ya estaba en los fundamentos del pensamiento antiguo, es un elemento imprescindible para la vida. Zisabros era, en griego antiguo, el vocablo con que se aludía tanto a un tesoro como al pozo de agua y, con ello, el agua misma. Más que un bien de primera necesidad, en el agua está el propio origen de la vida y un elemento imprescindible para su continuidad. Las culturas hídricas están en el inicio de las grandes civilizaciones del neolítico. El aprovechamiento de las aguas del Indo, del Éufrates o del Nilo favoreció un espectacular desarrollo tecnológico en el tratamiento del agua, nuevos paradigmas de conocimiento e incluso la aparición de poderes políticos y religio-

nes ligadas a ella. Decía Leonardo da Vinci que “el agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”. No es casual que ese progreso, la tecnología del agua y sus derivadas, impulsara la economía, la cultura y el desarrollo social.

Vivimos tan atrapados en el vertiginoso devenir de los acontecimientos que hemos perdido la capacidad de atención sobre los detalles minúsculos que reflejan el verdadero pulso de la vida: el color cambiante del cielo, el olor de la hierba húmeda, el brillo en la mirada de un niño, el paso de las estaciones... Los occidentales estamos cada vez más alejados de la naturaleza y pensamos, ingenuamente, que vamos a encontrar todas las respuestas a nuestras preguntas en un universo artificial que cabe en la palma de nuestra mano, en el limitado espacio de la pantalla de nuestro teléfono móvil o *tablet*, por muy inteligente que sea. La naturaleza, como bien saben los orientales, es un compendio de sabiduría y una fuente de inspiración. Las fuerzas que la mueven contienen las bases para lograr un desarrollo sostenible y un equilibrio entre todos los elementos. Es necesario observar el papel del agua, la tierra, el fuego y el aire en cada una de sus manifestaciones. Hay que ver cómo se interrelacionan en la furia de un volcán, la belleza de un salto de agua

o el estruendo de una tormenta. Necesitamos empaparnos de esta riqueza para comprenderla y comprendernos, en la mejor tradición del

pensamiento socrático inspirado en la frase que dicen estuvo escrita en el frontispicio del templo a Apolo en Delfos: “Conócete a ti mismo”. El

futuro pasa por saber adaptarnos a ese maravilloso hogar que es nuestro planeta y conocer mejor la realidad de los seres que lo habitamos.

HACER FRENTE A LAS DESIGUALDADES

Me vienen a la mente estas reflexiones, cuando ya declina el 2014, al hacer balance de la celebración, el pasado 22 de marzo, del Día Mundial del Agua, que Naciones Unidas ha dedicado este año a concienciarnos sobre la importancia del binomio formado por el agua y la energía. Estos dos elementos constituyen pilares fundamentales para el desarrollo económico equilibrado: el acceso a ambos supone una clave para la erradicación de la pobreza en amplias zonas de la geografía terrestre y cumplir los Objetivos del Milenio. El debate sobre la utilización de estos recursos no puede hacerse de forma aislada, ya que corremos el riesgo de encontrar soluciones parciales que no aborden lo que, por naturaleza, está íntimamente vinculado. Bien es cierto que existen entre ambos importantes analogías, pero también sustanciales diferencias. De ambos elementos depende la humanidad, son recursos globales de disponibilidad heterogénea, están afectados por el cambio climático, implican costes de infraestructuras elevados... En paralelo, mientras la energía se comercializa incluso a nivel planetario, el agua tiene una raíz local; aquella es cara y ésta, objetivamente barata, aunque muchas veces no se perciba como tal; la energía puede proceder de diferentes fuentes de generación pero el agua es única; el acceso al agua es un derecho humano, sin que exista nada similar para la energía; el agua para producir energía tiene una repercusión escasa sobre el precio final, mientras que la energía para garantizar el suministro de agua tiene un coste significativo...

Según la ONU, es preciso poner el énfasis en la relación entre estos elementos abordando en particular las desigualdades, teniendo muy en cuenta lo que significa para una gran parte de la población que vive en áreas marginales y zonas rurales empobrecidas sin acceso al agua potable, al saneamiento adecuado, a alimentos suficientes y a servicios energéticos. Naciones Unidas indicó cinco claves esenciales para promover prácticas sostenibles en el ámbito de agua y energía. En primer lugar, y por obvio que parezca, que el agua necesita energía en todas las etapas de extracción, tratamiento y distribución, y la energía requiere agua para ser producida en casi todas sus formas. Según un informe de Red Eléctrica, la energía hidráulica supuso en España el 7,6% del consumo de electricidad en 2012, superando a la solar fotovoltaica, la térmica renovable y la solar termoelectrónica.

La asimetría entre ambas esferas que con frecuencia se comenta, no puede ocultar los numerosos e importantes ejemplos de interacción e interdependencia. Podríamos hablar incluso de subordinación conceptual. Lo que ambos sectores podemos hacer juntos es mucho y fundamental para el futuro de la humanidad: la producción de energía para la vida, al nivel actual de nuestro desarrollo orgánico, está mediatizada por la disponibilidad y existencia de agua. La agricultura es la base alimentaria del planeta, tercer vértice de ese triángulo que debemos interpretar en clave de desarrollo sostenible. Desde una lógica democrática y de respeto a la diversidad, hemos de esforzarnos por encontrar

un equilibrio holístico. Los suministros, tanto de agua dulce como de energía, son limitados y la demanda es cada vez mayor y seguirá creciendo significativamente en las próximas décadas. Un informe de Naciones Unidas, precisamente con ocasión del pasado Día Mundial del Agua, estima que para el 2030 la demanda de agua aumentará en un 40%, el consumo de energía subirá, será el doble del actual, y la necesidad de alimentos crecerá en torno a un tercio. De nuevo agua, alimentos y energía como pilares de un equilibrio que condiciona el futuro. Con la población, las personas gravitando en el centro. A menudo, la misma población, que no tiene acceso al agua y a servicios de saneamiento, también carece de alimentos y energía. La opción por una economía circular parece en este contexto la alternativa más sensata y eficaz para optimizar y reutilizar el nivel de recursos disponibles.

POLÍTICAS COORDINADAS

Otro aspecto destacado por Naciones Unidas es que el ahorro de una, sea de agua o de energía, ayuda necesariamente al ahorro de la otra. En la actualidad, se requiere el 15% del consumo mundial de agua para producir electricidad y el 8% de la energía global se destina a la extracción, tratamiento y transporte de agua. Por otro lado, se advierte que el sector más desfavorecido de la población mundial necesita urgentemente



el acceso tanto a los servicios de agua como de electricidad. Las estimaciones indican que en todo el mundo hay 1.300 millones de personas sin electricidad, que 768 millones no cuentan con acceso a fuentes mejoradas de agua potable y hasta 2.500 millones carecen de servicios de saneamiento. Reducir estos déficits de servicios, que se traducen en desigualdades, es una de las medidas prioritarias para erradicar la pobreza en el planeta. Por último, una mejor eficiencia en el uso de agua y energía es tan imprescindible como la puesta en marcha de políticas coordinadas, coherentes y concertadas. El llamamiento, en este sentido, se dirige a los dirigentes mundiales, a quienes la ONU pide “políticas nacionales innovadoras y pragmáticas que pueden conducir a una mayor eficiencia y una prestación de los servicios de agua y energía efectivas en cuanto a

sus costos”. No habrá desarrollo sostenible sin agua y energía para todos.

Entre los grandes retos del mundo, en particular por lo que concierne a las economías en fase de desarrollo y emergentes, se encuentra pues la satisfacción de la necesidad de agua y energía para las próximas décadas. Es evidente que son los más desfavorecidos quienes requieren más urgentemente estos servicios. Todas las fuentes de energía utilizan agua en alguna de las fases de su proceso de generación, incluyendo la extracción de materias primas, la refrigeración de las centrales térmicas, las actividades de limpieza, el cultivo de biocombustibles o la turbina-ción de caudales. Hay una evidente interconexión y, a pesar del éxito a corto plazo de algunas alternativas o medidas paliativas, las respuestas parciales parecen destinadas a fracasar a medio y largo plazo.

Hace falta una respuesta integral y coordinada que muchas veces va más allá de lo local y adquiere dimensión transnacional. Las soluciones no pueden consistir en seguir modelos que resuelven los problemas de la energía aumentando la escasez de agua en determinadas zonas o mejoran la seguridad hídrica agravando los problemas energéticos; o, aún peor, pretendiendo resolver las carencias a expensas del medio ambiente. Si asumimos la realidad de esa mutua dependencia, podremos abordar desde una perspectiva integradora una amplia gama de problemas y soluciones: desde la gestión de los sistemas de provisión de agua, hasta el diseño de modelos energéticos eficientes, pasando por la gestión sostenible de las infraestructuras que dan soporte. El desarrollo coordinado y en paralelo de las políticas energéticas e hídricas, en lugar de su evolución aislada e independiente,

resulta fundamental para el desarrollo sostenible. El sector energético, expuesto a riesgos crecientes, debe aceptar la importancia cada vez mayor de incluir los asuntos relativos al agua en sus planes estratégicos.

La reducción de la pobreza y el progreso económico, suelen discurrir acompañados del deterioro de los ecosistemas. El presidente estadounidense, Barack Obama, ha reconocido finalmente el enorme riesgo que supone el cambio climático y lo ha situado como un tema preferente en su agenda política, sacudida tantas veces por los múltiples conflictos militares, religiosos o humanitarios que proliferan en estos momentos de transformación global e indefini-

ción. Oriente Próximo, Irak, Siria, el cuerno de África o el Sahel son escenario de contiendas que tienen, en muchos casos, el agua y la energía como trasfondo, aunque las víctimas inocentes solo sean conscientes de su sufrimiento y desesperación. Pero ese cambio climático se manifiesta en fenómenos naturales que ponen en riesgo la seguridad de las personas en muchas áreas del planeta: el deshielo es la causa de que la línea de costa de Alaska se reduzca seis metros al año; pudiendo la población que vive a menos de un metro sobre el nivel del mar sufrir el aumento de dicho nivel; la superficie helada del Polo Norte se va reduciendo, con el consiguiente calentamiento del océano...

Ejemplos sobran; faltan decisiones para hacer frente al cambio climático.

Nos enfrentamos a un momento de derrumbe de modelos tradicionales y de verdades que se creían absolutas. Son tiempos de relaciones "líquidas" entre los principales actores de nuestra sociedad. Es vital hacer frente a los efectos que ha provocado sobre el clima la actividad humana. La escasez de materias primas y alimentos, ligada a la provisión de agua y la necesidad de más energía y recursos renovables, han de estar entre las prioridades de los líderes mundiales, que deberán rendir cuenta de sus decisiones ante las generaciones futuras, que no perdonarán las visiones cortoplacistas y los autoengaños.

11.000 MILLONES DE HABITANTES A FIN DE SIGLO



El crecimiento demográfico, con la eclosión de las ciudades como símbolo más relevante del mismo, es una realidad incuestionable. Las previsiones indican que antes de 2030 habrá 400 nuevas grandes urbes en China, lo que supone un reto para todo el planeta. Según las últimas predicciones, la población mundial llegará a los 11.000 millones de habitantes a finales de siglo, frente a los 7.200 millones actuales. El consumo voraz e irresponsable de los recursos disponibles, tan ligado al modelo actual de desarrollo urbanístico, nos obliga a hacer frente sin demora a las necesidades de las ciudades. Se requiere una respuesta inteligente al vínculo entre agua y energía para encontrar un nuevo modelo de desarrollo económico que nos permita caminar hacia la implantación global de una economía circular y entrar en un proceso de reducción de las desigualdades.

El agua es un derecho humano, tal como declararon las Naciones Unidas en 2010, y, como sabemos, no nos encontramos tanto ante un

problema de escasez como de gobernanza y buena gestión de los recursos disponibles. En este sentido, la tecnología juega un papel importante y nos permite ser optimistas sobre la posibilidad de encontrar soluciones disruptivas que nos lleven a dejar atrás viejas formulaciones. Hemos avanzado de forma meteórica en la gestión de la información y en nuevas formas de comunicación, en la investigación del cerebro o el genoma humano, así como en muchos otros campos que van a perfilar la sociedad en el siglo XXI. Pero seguimos teniendo retos no resueltos en las fuerzas básicas que nos mueven. Los jóvenes que trabajan en Silicon Valley buscan nuevos modelos de negocio que sigan revolucionando las telecomunicaciones, el comercio electrónico o la información que introducen cambios sustanciales en las relaciones humanas. Muchos de estos saltos ya se han producido, pero el panorama de la innovación dista mucho de haber llegado a un punto de madurez. Con toda seguridad, la robótica, el *big data* o los nuevos materiales

nos darán sorpresas, dejando caducas soluciones que hoy damos por novedosas e inamovibles. Sin embargo, el desafío mayor consiste en encontrar nuevas vías que nos garanticen la disponibilidad de agua y energía, que nos permitan abandonar una forma de desarrollo que no tiene en cuenta el equilibrio necesario entre los diferentes elementos. Deben gestionarse de forma adecuada, empleando el conocimiento y los avances tecnológicos como motores de una nueva era de responsabilidad y crecimiento inteligente.

Tal y como ha ocurrido a lo largo de la historia de la humanidad, nuestra responsabilidad es aprender de la naturaleza, de su tensa armonía, para hacer más con menos, para lograr un nuevo equilibrio allí donde el ser humano se ve abocado a la subsistencia y el futuro parece existir sólo como un sueño de emigrar a otras áreas del planeta con abundancia y derroche de recursos. Ahora bien, como todo sistema, la naturaleza tiene su ritmo, alcanza su equilibrio a medio y largo plazo, tiene vida propia, es

cambiante, a veces violenta e incluso cruel en sus manifestaciones; pasamos de la sequía a las inundaciones, de la carencia a la superabundancia, sin apenas solución de continuidad. La capacidad de entender, prevenir y controlar los fenómenos naturales es también una de nuestras grandes preocupaciones. La riqueza también reside en la capacidad de encontrar nuevas vías para dar valor a aquello que ahora nos parece que no lo tiene, que carece de ello o que simplemente se escapa de nuestra capacidad de control. Las oleadas migratorias han

existido siempre, pero nunca como ahora las desigualdades han sido tan pronunciadas. Ducharse, usar un retrete, tener electricidad, calefacción o aire acondicionado... siguen siendo comodidades al alcance de pocos en este mundo global. Algo que simplemente forma parte de nuestra rutina cotidiana, es una especie de milagro para cientos de millones de personas.

Cada lugar, cada pequeña aldea y cada gran país tiene sus propios casos que demuestran que el Nexa Agua-Energía debe contar con una adecuada atención en los programas

y políticas tanto nacionales como transfronterizas, en especial con vistas al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y al desarrollo de la Agenda Post-2015. Al fin y al cabo, el sector industrial es el gran consumidor y la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos para la producción de energía contribuirá inevitablemente a la consolidación de una "economía verde", donde los alimentos constituyen el tercer vértice de ese triángulo estratégico al que ya aludimos como elemento básico de reflexión y actuación.

LA REVOLUCIÓN DE LAS TRES C



El desarrollo sostenible debe fundamentarse en el conocimiento, la gestión del talento y la innovación. Son los cimientos que nos permitirán optimizar el binomio Agua-Energía mediante una gestión basada en la conservación del medio ambiente y en la mejora constante de la eficiencia energética. Se trata de desarrollar la *revolución de las tres C*: Conocimiento, Cooperación y Compromiso. En esa línea de actuación, la innovación es fundamental para dar respuesta a nuevos problemas, buscando la máxima eficiencia para minimizar el uso de los recursos disponibles y reutilizándolos en una economía circular. Por ello es tan importante la apuesta por la educación y la Universidad, donde se deben gestar nuevas ideas y formar generaciones que nos permitan afrontar los desafíos que tenemos por delante. El talento, la capacidad transformadora de las ideas y la inteligencia para saber integrarlas, es uno de los bienes más preciados. La cooperación, tan necesaria entre territorios, entre el agua y la energía, entre el mundo rural y las ciudades, es un nuevo talento. La transferencia de conocimiento, por su parte, es la clave de una nueva cooperación, un modelo en el que todos ganamos con un crecimiento sostenible que incluye

a las ciudades, donde la gestión inteligente y la reutilización son motores de las *smart cities*.

Como especialistas del agua, conocedores y amantes de nuestro oficio, aprendemos cada día de las experiencias locales, manteniendo siempre una visión global. Tenemos un compromiso cotidiano: repensar el presente para ganar el futuro, lo que pasa ineludiblemente por la senda del desarrollo sostenible. Ello nos exige, más que nunca, la colaboración entre todos los agentes implicados: administraciones, empresas, instituciones locales e internacionales, profesionales, científicos y ciudadanos. En las circunstancias presentes, de forma especial, la cooperación público-privada aparece así como una práctica determinante, teniendo en cuenta el papel de cada uno de los sectores, respetando cada actor el papel de los demás y asumiendo cada uno sus responsabilidades. El sector público debe proveer una regulación con organismos independientes y con seguridad jurídica; por nuestra parte, las empresas, estamos obligadas a la calidad del servicio, la excelencia en la gestión y un proceso de mejora continua e innovación. Ese carácter global asentado en una visión precisa y de proximidad a cada realidad local,

nos lleva a asumir un compromiso con los intereses de las personas y los territorios en donde actuamos. Somos un operador local con conciencia de la globalidad que nos permite transferir experiencias. La globalización nos brinda la gran oportunidad de trabajar en red: conectar territorios y centros de investigación, avanzar hacia una gran comunidad global del conocimiento sobre el agua y, por ello, un interlocutor imprescindible a la hora de buscar el mejor aprovechamiento de las relaciones con el sector energético. La mejor gobernanza empresarial ha situado la sostenibilidad y las buenas prácticas ambientales en una tendencia al alza, conformándose como un indicador muy tenido en cuenta a la hora de decidir inversiones por organismos e instituciones muy diversas, como el Fondo Noruego de Pensiones o la Iglesia de Inglaterra.

Hemos interiorizado que el uso eficiente de la energía es condición necesaria para garantizar la sostenibilidad en nuestra actividad. El mantenimiento de los servicios de suministro y saneamiento es una actividad intensiva en energía. Las estimaciones generales sitúan entre un diez y un veinte por ciento del consumo de electricidad está asociado al agua, de una u



otra forma. El equilibrio necesario, la optimización de la interrelación interna en ese binomio Agua-Energía nos obliga a reflexionar sobre la capacidad de generar energía neta en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Algunos estudios apuntan a que la energía química acumulada en las aguas residuales producidas por una sola persona al día equivale a la electricidad necesaria para mantener encendida una bombilla de cien vatios durante ocho horas. Estamos obligados a ser imaginativos, a innovar constantemente, a apostar por nuevas tecnologías disruptivas, a buscar una mayor integración de las políticas hídricas y energéticas, a tratar de invertir el carácter consumidor por el de generador en las instalaciones. Siempre con la vista puesta en la imperiosidad de proceder a un cambio de paradigma en la relación Agua-Energía.

El Día Mundial del Agua fue instaurado para recordar que el agua es un bien de utilidad pública,

imprescindible para la vida y para el desarrollo equilibrado de la humanidad. Por eso, nuestra obligación es reflexionar y actuar a todas las escalas, procediendo como avanzadilla en el debate y en el compromiso social. Es la razón por la que hemos llegado a acuerdos con diversas instituciones y organismos nacionales e internacionales, incluida esa publicación que es el resultado de la colaboración con ONU-Agua y el WCCE. Pero también estamos colaborando con UNICEF para desarrollar proyectos en la Amazonía peruana, con un proyecto que contribuirá a mejorar considerablemente las condiciones de acceso al agua y el saneamiento de 5.000 familias; con el Centro Internacional de Toledo para la Paz para la autogestión sostenible del agua y la energía en comunidades del Líbano; o en la India, con la Fundación Vicente Ferrer, para instalar riegos por goteo alimentados por energía solar en catorce aldeas.

La naturaleza debe ser nuestra fuente de inspiración en el camino hacia un mundo más sostenible, con una distribución más igualitaria de la riqueza y un aprovechamiento racional de los recursos. Contemplar las cataratas Victoria, frontera natural entre Zimbabue y Zambia, el volcán Bromo en Indonesia o la gran barrera de coral en Australia puede ayudarnos a comprender la suprema inteligencia con que las fuerzas vivas de la naturaleza, aquellos cuatro elementos de los antiguos, han llegado a una integración y un entendimiento, a una obra de ingeniería y geotermia natural en donde el equilibrio no es un medio, sino un fin en sí mismo. Una lección que debemos aprender.

Ángel Simón Grimaldos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente de la Fundación Aquea

AGUA Y ENERGÍA EN MÉXICO

SINERGIA PARA LA SUSTENTABILIDAD

Víctor Javier Bourguett Ortíz

Ana Alicia Palacios Fonseca



DESCRIPTORES:
SUSTENTABILIDAD
ENERGÍA
REFORMAS
RECURSOS RENOVABLES
GENERACIÓN
AGUA
HIDROELÉCTRICAS
PEQUEÑAS CENTRALES
SINERGIA

INTRODUCCIÓN



México está llevando a cabo reformas a la Constitución en diversos campos, buscando dar viabilidad al país en el mundo globalizado en lo que se conoce como la posmodernidad y que es necesario para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Es por ello que las reformas en materia de Agua y Energía tienen entre sus objetivos crear mecanismos que garanticen sustentabilidad ambiental a largo plazo, entre otras la reforma a la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, (LAERFTE). Ésta se encarga de regular y promover el aprovechamiento de fuentes de energía renovables o tecnologías limpias para generar electricidad, establecida dentro de la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 (ENE 2013-2027) y la Estrategia Nacional para el Cambio Climático. En México la generación de energía mediante fuentes renovables representa actualmente el 15,9% de la generación total, aprovechando sólo el 4,76% del potencial en este tipo de energía (ENE, 2013-2027, SENER). Como parte de las acciones hacia la transición, se han diseñado programas de financiamiento en investigación, como el Fondo de

Sustentabilidad Energética (FSE) a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Energía. Sin embargo, dichos esfuerzos se han enfocado en los temas de Geotermia, Solar y Eólico. Falta impulsar el desarrollo e investigación hacia el sector hidráulico. Existe un alto potencial en materia de agua, principalmente en el sureste, donde se cuentan con valores altos de precipitación (1.846 mm) y escurrimiento (141.128 hm³/año). La orografía y las condiciones al sur del país propician el desarrollo de pequeñas centrales de generación, las cuales se pueden considerar como un mecanismo de desarrollo para zonas aisladas, con la ventaja de que son proyectos de baja inversión y pequeño impacto ambiental y social, ya que no alteran los ecosistemas donde se aplican. Sin embargo, es preciso desarrollar capacidades en el desarrollo de estas tecnologías. En este sentido, México cuenta con centros de investigación con potencial en la materia. En este trabajo se analiza lo anteriormente expuesto a fin de promover el uso de los recursos hidráulicos como medio de sustentabilidad energética y equilibrio ambiental y social, así como el desarrollo de tecnología para el bienestar de las generaciones futuras y a un bajo costo.

DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO

Es el medio ambiente un elemento de competitividad y desarrollo económico y social. El concepto de “Desarrollo Sustentable” fue presentado por vez primera en 1987 por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas. Dentro de los elementos clave para lograr un desarrollo sustentable se encuentran el crecimiento poblacional, la demanda energética, el cambio climático, la escasez de agua y recursos y el manejo de residuos. Será sólo mediante la administración eficiente y racional de los recursos como se podrá generar un desarrollo y bienestar a la población sin afectar la calidad de vida de las generaciones futuras.

México emite sólo el 1,5% mundial de los gases de efecto invernadero. No obstante, éstos han aumentado en un 40% de 1990 a 2008 (Desarrollo Sustentable y crecimiento económico de México, Secretaría de Economía, SE). Es por ello que

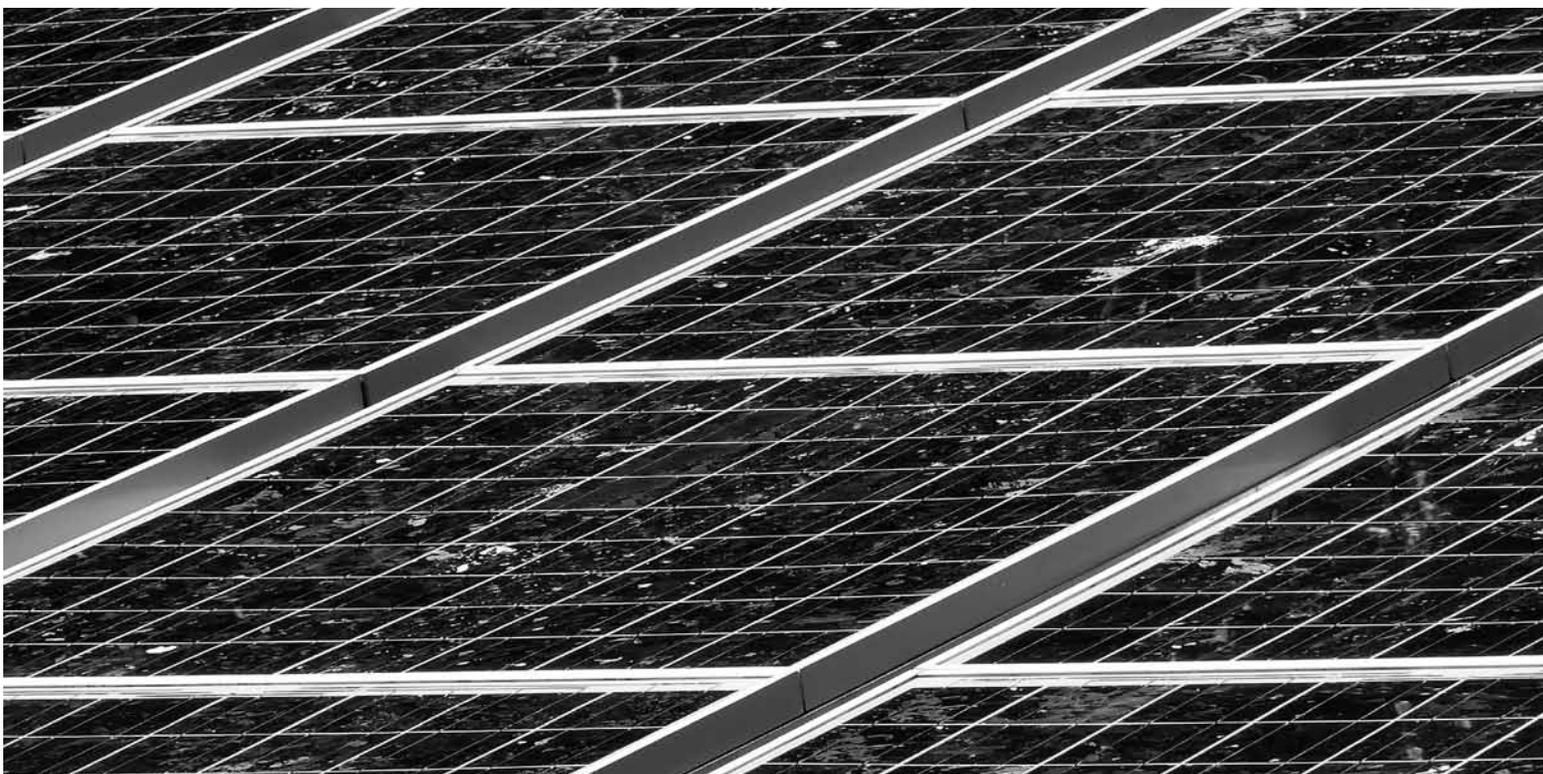
el gobierno se ha comprometido mediante el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) a reducir al 2050 un 50% del total de sus emisiones. A la fecha, México ha suscrito cerca de 100 acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente y el desarrollo sustentable, entre los que destacan: el Convenio sobre Diversidad Biológica; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y su Protocolo de Kyoto; el Convenio de Estocolmo, sobre contaminantes orgánicos persistentes; el Protocolo de Montreal, relativo a sustancias que afectan la capa de ozono; la Convención de la ONU de Lucha contra la Desertificación; la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies amenazadas de flora y fauna y los Objetivos del Milenio de las Naciones Unidas.

Uno de los grandes retos del país en materia de desarrollo sustentable es que exista menos dependencia de

combustibles fósiles, y esto sólo se logrará mediante la generación con energías renovables, por lo cual el Gobierno Federal tiene la meta de que en el 2024 el 35% de la capacidad instalada en México provenga de este tipo de fuentes.

Para lograr estas metas es preciso reformar el marco jurídico de tal forma que se facilite la ejecución de las siguientes acciones: a) ampliación de la gama de participación de las empresas nacionales y extranjeras en energías renovables, b) apertura del mercado a la venta de excedentes de electricidad; c) evaluación de la existencia de incentivos económicos y financieros para la generación de electricidad a partir de energía solar y d) realización de reformas al marco jurídico en materia de agua.

Dentro de sus instrumentos jurídicos los países de Latinoamérica ya están obligados a vigilar, proteger y conservar los recursos naturales, proteger la vida humana, animal y vegetal.





MEDIO AMBIENTE Y LA REFORMA ENERGÉTICA

El 20 de Diciembre de 2013 en el Diario Oficial de la Federación, quedó publicada la Reforma Energética, en sus artículos 25, 27 y 28 de la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos (Figura 1). Dicha

Fig. 1. Publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Reforma Energética en México el 20 de Diciembre de 2013.

reforma beneficia al medio ambiente a través de la promoción del uso de combustibles limpios y energías renovables para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

Una de las principales metas en la Reforma es la de propiciar el uso de energías renovables a gran escala, a través de la sustentabilidad, el cuidado del medio ambiente y la seguridad energética del país. El Sector Energía a partir del 2013 ha desarrollado una estrategia de transición para promover el uso de combustibles más limpios, llamada Planeación Energética (Figura 2), que contempla los siguientes programas y reformas institucionales al país.

La Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 promueve la eficiencia energética tanto en el consumo como en los procesos de producción, evitando y reduciendo impactos y riesgos ambientales a la población y a los ecosistemas. También acelera la transición energética hacia fuentes renovables y con esto se aprovechan los recursos naturales abundantes en el país. Un factor importante para lograrlo es la inversión mixta y privada a través del desarrollo de tecnología en energías limpias promovido en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático del sector energético.

Dentro del marco de las leyes secundarias de dicha reforma, se emite un decreto en el cual el Centro Nacional de Control de Energía, CENACE, queda como organismo público descentralizado y encargado del control operativo eléctrico nacional, el cual en conjunto con la Comisión Reguladora de Energía, CRE, serán las encargadas de promover el desarrollo eficiente del suministro. También asumirán la función de expedir normas, metodologías y demás disposiciones que regulen la generación de electricidad a partir de dichas fuentes, atendiendo las opiniones de Institutos

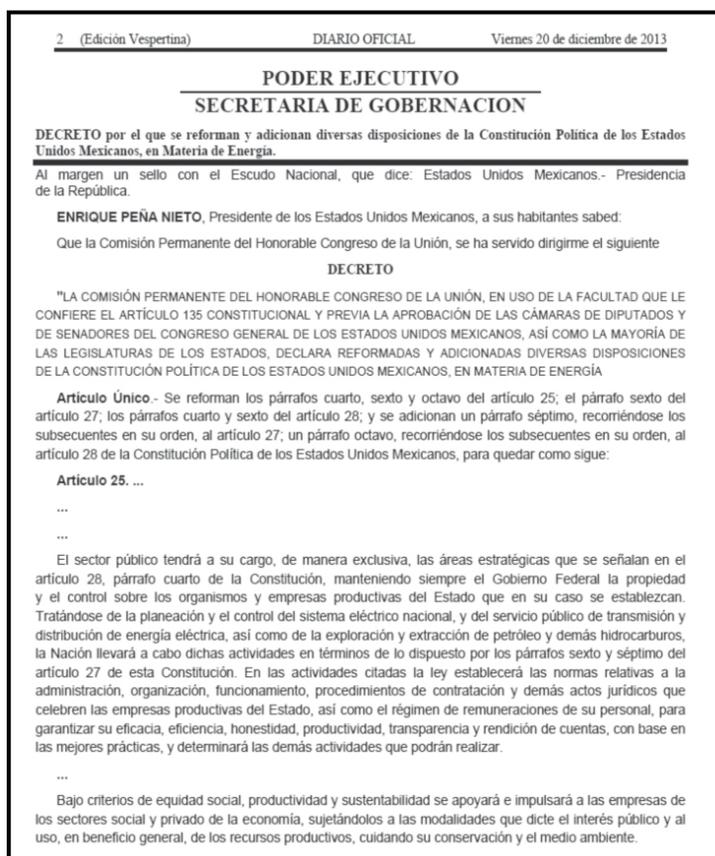


Fig. 2. Planeación Energética a partir de 2013 (SENER).

de investigación especializados, así como las mejores prácticas nacionales e internacionales como son las de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente, a través de la Secretaría

del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Aunado a lo anterior, México duplicará su aportación al GEF (*Global Environment Fund*) para impulsar la implementación de proyectos ambien-

tales de alto impacto, promovidos en la Reforma a través de infraestructura productiva sustentable, como se estableció durante la 5ª asamblea del Fondo para el Medio Ambiente Mundial organizado por la SEMARNAT.

ENERGÍAS RENOVABLES: MEDIO PARA LA SUSTENTABILIDAD

En el contexto mundial, la participación de energías renovables durante el 2010 fue del 16%; en América Latina fue del 33% mientras que la de México fue el 10% (Figura 3).

En generación de electricidad mediante energías renovables a nivel global en 2013 se tiene una participación del 20,3% y en México del 15,9% (Cuadro 1), de acuerdo con datos de la SENER en su documento de “Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027”, (PER 2013-2027).

En ese mismo documento se señala que los países con la mayor participación de generación de electricidad mediante fuentes renovables fueron China, Estados Unidos, Brasil y Canadá, lo cual representó una proporción superior al 49% de la generación renovable global (Figura 4). Es importante resaltar que países fuera de la OCDE en América (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), son los que más han apostado a la generación de energía mediante estas fuentes, como es el caso de Brasil que cubre cuatro quintas partes de su producción nacional mediante energías renovables (PER 2013-2027, SENER).

El 7 de junio de 2013 fue reformada la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición



Fig. 3. Participación de energías renovables en el mundo para generación de Energía.

Cuadro 1				
Generación eléctrica (GWh) mediante fuentes renovables para economías seleccionadas, 2013				
Pais/Región	Generación con renovables (GWh)	Generación Total (GWh)	Participación de renovables a nivel nacional	Contribución a la generación renovable global
China	803.462	4.754.746	16,9%	17,87%
Estados Unidos	551.898	4.349.571	12,7%	12,28%
Brasil	463.273	531.758	87,1%	10,30%
Canadá	396.854	636.989	62,3%	8,83%
Japón	135.927	1.051.251	12,9%	3,02%
Alemania	124.605	608.665	20,5%	2,77%
España	88.539	291.360	30,4%	1,97%
México	46.964	295.837	15,9%	1,04%
Chile	26.020	65.713	39,6%	0,58%
Corea	10.712	523.286	2,0%	0,24%
OCDE Total	2.130.680	10.866.959	19,6%	47,39%
Mundo	4.495.707	22.200.994	20,3%	100,00%

Fuente: "Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027", SENER. IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

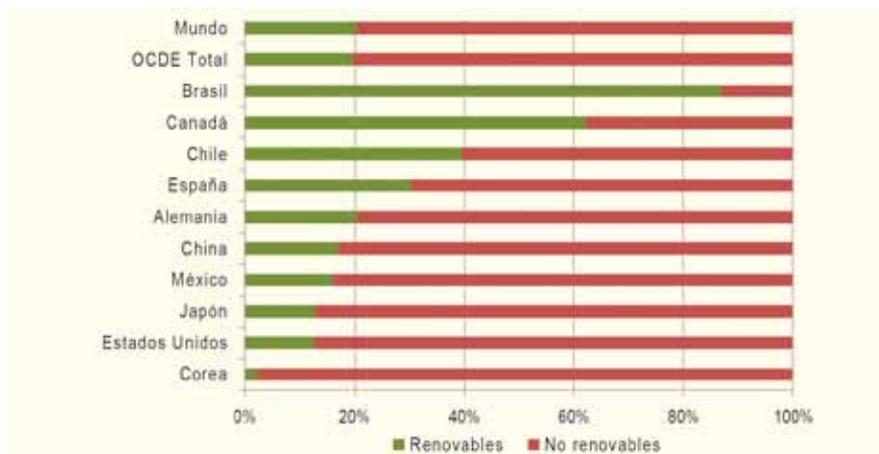


Fig. 4. Porcentaje de generación eléctrica mediante fuentes renovables para economías seleccionadas, 2013.

Fuente: "Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027", SENER. IEA. World Energy Statistics 2013. 2013.

Energética (LAERFTE), que tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la

prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de dicha transición energética, esta ley

incentiva la investigación y desarrollo de las tecnologías limpias para su aprovechamiento.

Dentro de esta Ley se clasifican a las energías renovables y no renovables como se muestra en la Figura 5.

Como parte de las acciones de la Ley (LAERFTE), la SENER en conjunto con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ha llevado a cabo la realización de un “Inventario Nacional de las Energías Renovables” (INER), donde se puede consultar información del potencial de energías renovables y las zonas factibles para aplicar estas tecnologías, todo a través de una base de datos actualizada de los recursos renovables existentes. De acuerdo con estos, se tiene estimada una generación actual de energía eléctrica mediante fuentes renovables de 39.415 MWh/año (Figura 6).

El INER estima la capacidad de Potencial de Generación (PG) en Energías Renovables (ER); de acuerdo a la situación actual del país en materia de generación de energía; considerando restricciones técnicas de las propias tecnologías, limitaciones topográficas y restricciones de uso del suelo por riesgo y medio ambiente, así como restricciones de demanda en la zona de aprovechamiento, capacidad de transformación y transmisión y variabilidad de los recursos.

El potencial es representado en cuatro niveles de certidumbre (Figura 7): Recurso, Posible, Probable y Probado, donde el Potencial Probado es aquel que cuenta con mayor cantidad de estudios técnicos y económicos que comprueban su factibilidad.

El INER cuenta con estudios de Potencial de Generación Eléctrica Probada mediante Energías Renovables, donde el Eólico cuenta con mayor información para el desarrollo de tecnologías, seguido del solar.

Dicho Potencial Probado se encuentra principalmente en las zonas representadas en la Figura 9.



Fig. 5. Clasificación de la energía para la obtención de energía eléctrica y sus recursos energéticos.

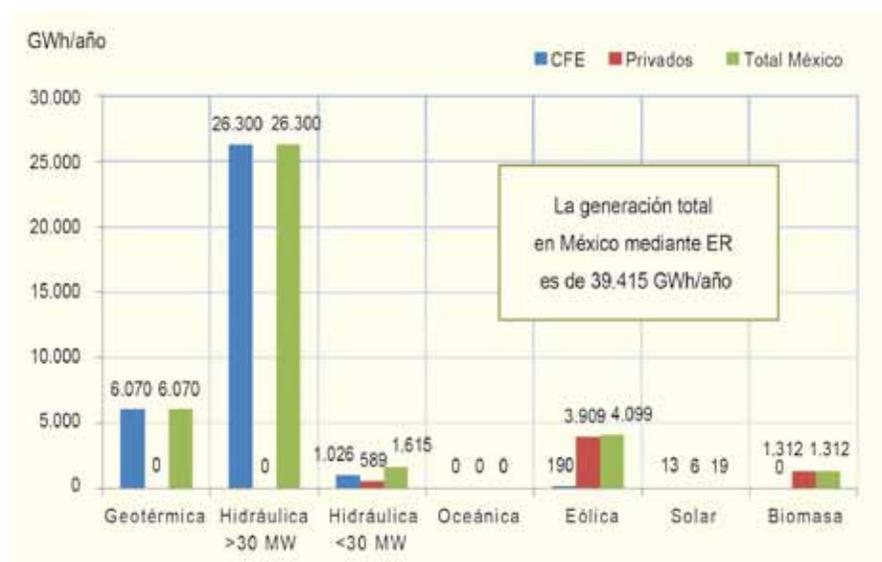


Fig. 6. Generación Eléctrica Actual por Energías Renovables (GWh/año).



Fig. 7. Esquema de la certidumbre en el PG en México mediante ER.

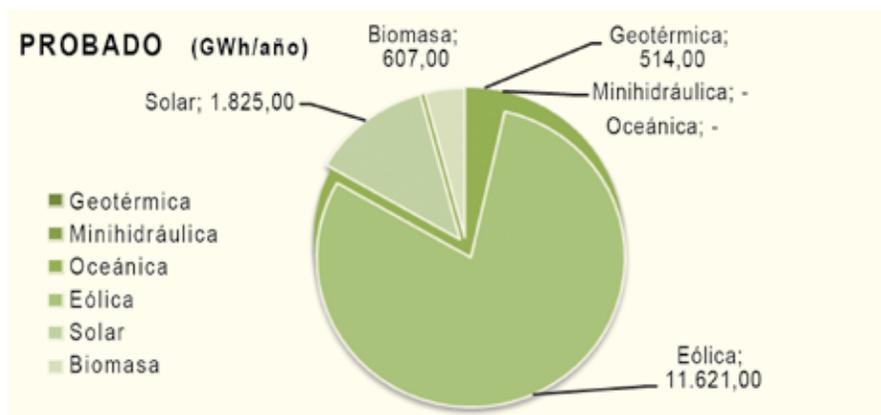


Fig. 8. Potencial Probado de Generación mediante ER.



Fig. 9. Ubicación de las zonas de Potencial Probado de Generación Eléctrica en México mediante ER (INER, 2014).

Cuadro 2				
Capacidad instalada de generación de electricidad en México 2014				
Centrales y unidades generadoras				
Tipo	Nº Centrales	Unidades	Capacidad (MWh)	%
Vapor convencional	26	85	11,398,6	29,10
Dual	1	7	2,778,36	7,09
Carboeléctrica	2	8	2,600,0	6,64
Ciclo combinado	13	68	7,566,582	19,32
Geotermoeléctrica	7	38	813,4	2,08
Turbogás	30	71	1,530,01	3,91
Combustión interna	9	58	251,305	0,64
Turbogás móvil	-	11	115,40	0,29
Combustión int. móvil	-	19	3,11	0,01
Hidroeléctrica	65	180	12,018,778	30,69
Hoeléctrica	3	106	86,750	0,22
Fotovoltaica	2	2	6	0,01
Total S.D.G.	158	653	39,168,295	100
Nuclear	1	2	1,400	
Total C.F.E.	159	655	40,568,295	

Fuente: Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, CFE Abril 2014.

GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN MÉXICO

Aunque en el INER no cuenta con información suficiente respecto al Potencial Hidroeléctrico, se ha encontrado información de diferentes fuentes, principalmente de la CFE, que comprueban la tendencia hacia este recurso como uno de los más viables en inversión y de gran abundancia en el sureste del país.

México cuenta con una larga historia en la construcción y operación de centrales hidroeléctricas: la central

Necaxa, fue la primera construida (1905), durante el gobierno de Porfirio Díaz para electrificar el centro del país; se convirtió en la planta con mayor producción hidroeléctrica del mundo, lleva 109 años operando de manera ininterrumpida. Actualmente continúan funcionando tres de los doce generadores con los que cuenta la hidroeléctrica.

De acuerdo con datos recientes de la CFE, a través de la Coordinación

de Proyectos Hidroeléctricos (CPH, Abril 2014), en generación hidroeléctrica se cuenta con una capacidad efectiva instalada de 12.018,778 MWh concentrada en 180 unidades de generación y 65 centrales hidroeléctricas, de las cuales 21 son grandes centrales y 44 pequeñas (596.278 MWh) como se ve en el Cuadro 2.

De acuerdo con estas fuentes, la generación hidroeléctrica alcanza el 30,69% de generación total de elec-

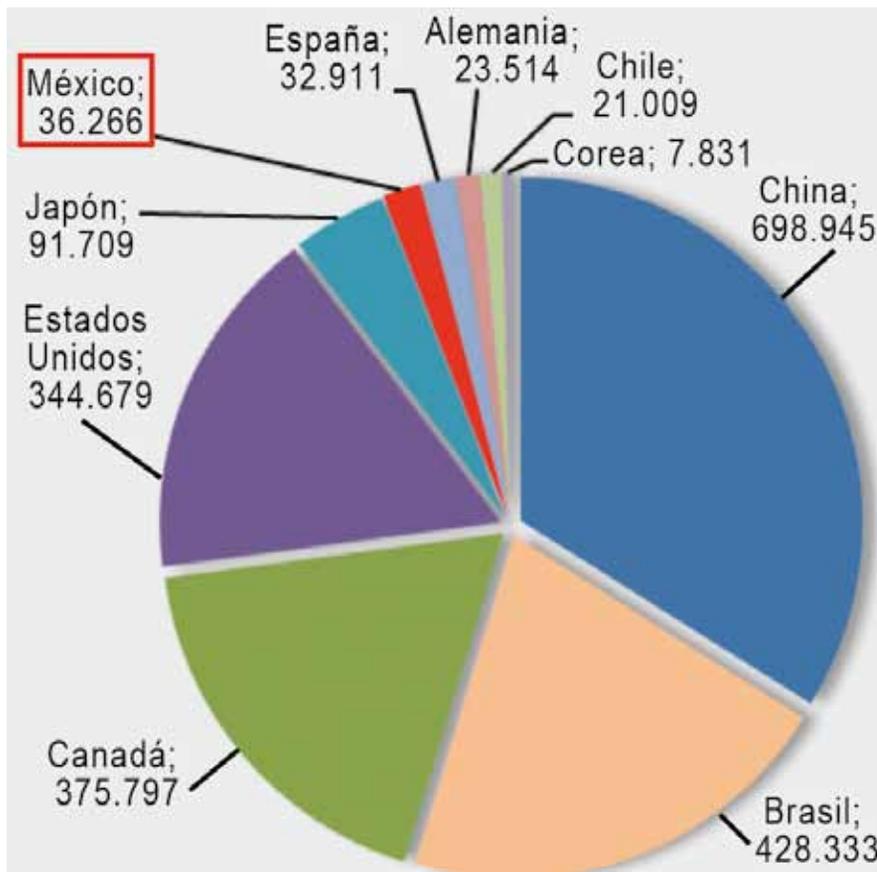


Fig. 10. Producción de generación de electricidad mediante hidroeléctrica a nivel mundial para economías seleccionadas, 2013 (MWh). Fuente: Secretaría de Energía, SENER, Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027.

Regiones de producción eléctrica

En México la producción total de electricidad se encuentra distribuida en cinco regiones, de acuerdo con los datos de la Comisión Federal de Elec-

tricidad (CFE) de 2014 (en éstas no se consideran las plantas móviles), donde destacan las zonas del Sureste y Occidente, como las de mayor producción.



Fig. 11. Regiones de Producción de Generación Eléctrica en México (C.F.E.). Fuente: Capacidad instalada, CFE, abril de 2014.

tricidad en el país en comparación con otras fuentes de generación de electricidad, por lo que representa la principal fuente de energía eléctrica renovable en México.

En el contexto mundial (2013) China es el país con la mayor generación hidroeléctrica con casi 700 mil GWh equivalente a la generación total en América Latina de 715 mil GWh (2011).

En conjunto la tecnología hidroeléctrica genera el 16,1% de la electricidad mundial, donde Brasil y Canadá tienen niveles de participación por arriba del 50%, mientras que países como Corea del Sur y Alemania están por debajo del 5%.

Cuadro 3					
Capacidad de Generación hidroeléctrica por región de producción, C.F.E.					
Hidroeléctricas					
Nº	Central	Gerencia regional	Unidades	Capacidad MWh	Total Mwh
1	El Novillo	Nor	3	3x45	135
2	Huites	Nor	2	2x211	422
3	Bacurato	Nor	2	2x46	92
4	Humaya	Nor	2	2x45	90
5	Comedero	Nor	2	2x50	100
6	Falcón	Nte	2	3x10,5	31,5
7	La Amistad	Nte	2	2x33	66
8	Aguamilpa	Occ	3	3x320	960
9	Agua Prieta	Occ	2	2x120	240
10	Villita	Occ	4	4x80	320
11	Infiernillo	Occ	6	6x200	1.200
12	El Cajón	Occ	2	2x375	750
13	La Yesca	Occ	2	2x375	750
14	El Caracol	Cen	3	3x200	600
15	Zimapán	Cen	2	2x146	292
16	Peñitas	Sur	4	4x105	420
17	Malpaso	Sur	6	6x180	1.080
18	Chicoasén	Sur	8	8x300	2.400
19	Angostura	Sur	5	5x180	900
20	Temazcal	Sur	6	4x38,5; 2x100	354
21	Mazatepec	Sur	4	4x55	220

POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

Como podemos observar, México cuenta con recursos suficientes y adecuadamente distribuidos en el sector agua. Dicho potencial hidroeléctrico está en función de la capacidad de almacenamiento de las presas, que es del orden de 150 mil millones de metros cúbicos (Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. CONAGUA, SEMARNAT). Este volumen depende de la precipitación y los escurrimientos en las distintas regiones del país. Son 116 presas las que representan casi el 79% de la capacidad total de almacenamiento del país.

El desarrollo de hidroeléctricas tiene una alta recuperación de la inversión y el KW/h es generado a precio competitivo, ya sea para grandes centrales (>30 MW) o pequeñas centrales (<30 MW) en comparación con otras energías renovables.

Las regiones hidrológicas administrativas RHA XI Frontera Sur y IV Balsas tienen la concesión de agua más importante con 166 mil millones de m³ en 2013 (Figura 13), concentrando la mayor cantidad de escurrimiento y precipitación del país y por consiguiente las centrales hidroeléctricas más grandes.

En el Sureste se concentra el 35% de agua del país, con un escurrimiento medio anual de 141.128 hm³/año, así como también la mayor precipitación, con 1.846 mm. De acuerdo con esto, la zona de Chiapas es la de mayor potencial hidráulico de acuerdo a los recursos naturales y orografía de la zona.

Fig. 14. Precipitación (mm) media mensual por región hidrológica-administrativa 2011-2018.
Fuente: Precipitación pluvial normal mensual por región hidrológica-administrativa 1971-2000. Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. CONAGUA, SEMARNAT.



Fig. 12. Centrales Hidroeléctricas y su Capacidad Instalada por regiones de producción (CFE, abril 2014). Fuente: Capacidad instalada, CPH, CFE, abril de 2014.

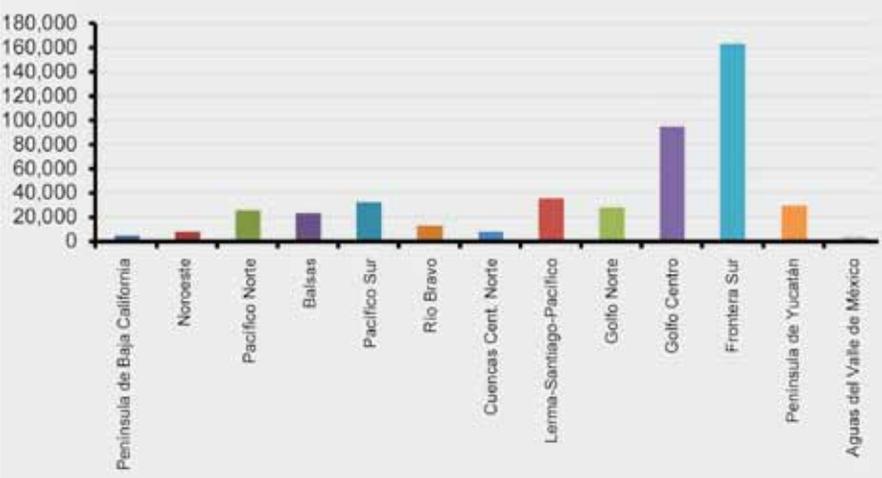
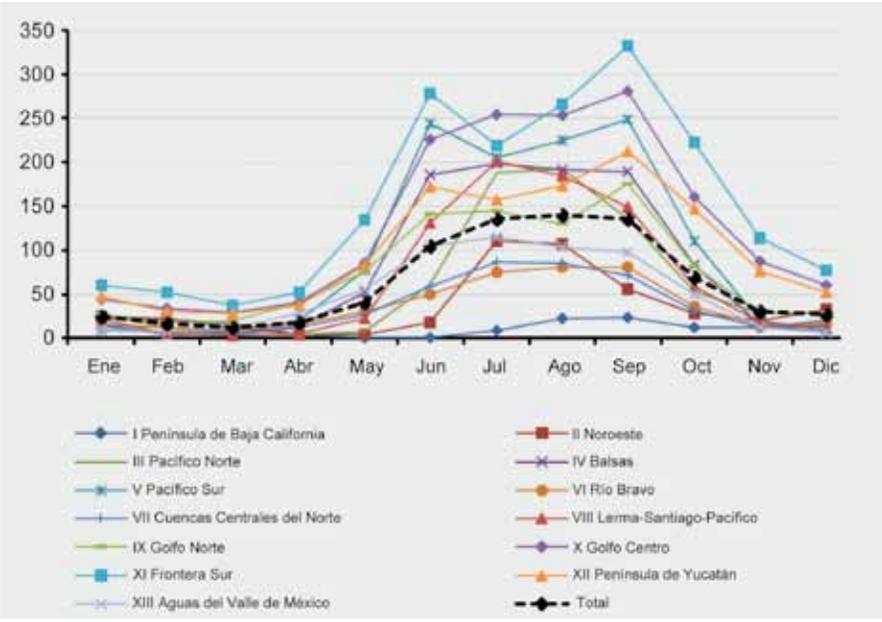


Fig. 13. Volumen medio anual de agua por región hidrológico-administrativa 2011-2018 (hm³/año). Fuente: Agua renovable per cápita por región hidrológica-administrativa. Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. CONAGUA, SEMARNAT.



Cuadro 4						
Características de los ríos principales de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe, jerarquizados por escurrimiento natural medio superficial						
Nº	Río	Región Hidrológico-Admva.	Escurrecimiento medio superficial (mill m ³ /año)	Área Cuenca (km ²)	Long. Río (km)	Orden máximo
1	Grijalva-Usumacinta	XI Frontera Sur	115.535	83.553	1.521	7
2	Papaloapan	X Golfo Centro	42.887	46.517	354	6
3	Coatzacoalcos	X Golfo Centro	28.679	17.369	325	5
4	Pánuco	IX Golfo Norte	19.673	84.956	510	7
5	Tonalá	X Golfo Centro	11.389	5.679	82	5
6	Tecolutla	X Golfo Centro	6.098	7.903	375	5
7	Bravo	VI Río Bravo	5.588	225.242	ND	7
8	Nautla	X Golfo Centro	2.218	2.785	124	4
9	La Antigua	X Golfo Centro	2.139	2.827	139	5
10	Soto La Marina	IX Golfo Norte	2.086	21.183	416	6
11	Tuxpan	X Golfo Centro	2.072	5.899	150	4
12	Jamapa	X Golfo Centro	2.066	4.061	368	4
13	Candelaria	XII Península de Yucatán	1.861	13.790	150	4
14	Cazones	X Golfo Centro	1.712	2.688	145	4
15	San Fernando	IX Golfo Norte	1.545	17.744	400	5
16	Hondo	XII Península de Yucatán	533	7.614	115	4
	Total	16	246.081	549.810		

Fuente: Características de los ríos principales de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe. Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. CONAGUA, SEMARNAT.

Los ríos Grijalva y Usumacinta en Chiapas cuentan además con la mayor longitud de ríos (1.521 km) y representan un escurrimiento natural medio anual de 115.535 millones de m³, el mayor de la zona (Cuadro 4).

De acuerdo con los datos de la Secretaría de Economía en su documento “Panorama Global”, a nivel mundial se pronostica que para el 2035 la capacidad instalada para la generación de electricidad con fuentes renovables será de 3.437 GW, lo que representará el 40% del total del sistema eléctrico mundial. Para entonces, la energía hidráulica y eólica serán las principales fuentes de generación de electricidad.

En México el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026 (POISE 2012-2026, CFE), estima que en el 2026 la capacidad instalada para la generación mediante hidroeléctricas será de 4.631 MW, de los cuales 750 MW corresponden a proyectos terminados, en construcción o Licitación y para Licitación futura 3.881 MW.

Actualmente la CFE tiene la proyección de construir una central hidroeléctrica aguas abajo de la presa La Angostura (a 60 km) en el sistema hidrológico Grijalva (Figura 15), la cual se llamará “La Angostura II” con una capacidad instalada de 105 MW.



Fig. 15. Principales ríos de México y la Hidrografía del Sistema Grijalva-Usumacinta. Fuente: Los retos del Agua en México. Academia de Ingeniería.

PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS: UNA ALTERNATIVA VIABLE

Se ha observado que el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas (<30 MW) ha tenido gran impulso en nuestro país ya que tiene la ventaja en comparación de las grandes centrales que éstas no requieren una inversión cuantiosa, y su afectación ambiental es reducida, por lo que no se enfrentan con problemas de tipo social por la pérdida o modificación de los hábitats en las zonas que llegan a ser cubiertas por el vaso de la cuenca o el embalse por la inundación de grandes áreas y, por lo tanto el desplazamiento de poblaciones.

Este tipo de aprovechamiento comenzó en México desde principios del siglo xx, en los estados de Puebla, Veracruz, Chiapas, Michoacán y Oaxaca, con la industria textil, papelera, cervecera o del café. A partir de 1960, cuando Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica, 60 centrales minihidráulicas (<5 MW) con una potencia instalada total de 75 MW, pasaron a ser operadas por la CFE y LyF con fines públicos. De ésta forma se suspendió la evaluación del potencial minihidráulico nacional y la CFE

enfocó sus esfuerzos a la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos en los ríos Grijalva, Balsas y Papaloapan.

Fue hasta 1992 cuando surgió una nueva Ley del Servicio de Energía Eléctrica que permitió la producción de electricidad por particulares para autoabastecimiento, pequeños productores o productores independientes.

Una pequeña central está definida como aquella con capacidad menor a 30 MW y se clasifican en:

- Micro central hidroeléctrica, si es menor a 100 KW.
- Mini central hidroeléctrica, si es entre 100 a 1.000 KW.
- Pequeña central hidroeléctrica si tiene entre 1 a 30 MW.

Tienen la ventaja que permiten la continuidad del río, sin generar inundaciones, puesto que la turbina actúa con la energía del flujo o gasto circulante, pudiendo ser una buena alternativa para electrificación rural, pero para poder implementar esta tecnología es importante capacitar al personal en la operación y mantenimiento para que sea un bien sostenible. Se requiere además, un estudio hidrológico que

avale la funcionalidad del sistema en épocas de estiaje o de lluvias.

La UNESCO en mutuo interés con otras organizaciones ha promovido el uso de esta fuente de generación para las regiones de América Latina y el Caribe mediante el Proyecto Regional Mayor sobre Uso y Conservación de Recursos Hídricos en Áreas Rurales, en el cual se promueven las siguientes actividades:

- 1) identificación de centros de investigación científica y tecnológica,
- 2) identificación del potencial hidroenergético en comunidades menores y
- 3) apoyo al diseño de centrales accesibles a la comunidad rural.

En la industria de fabricación de turbinas, también se observa una tendencia global hacia proyectos hidroeléctricos de pequeña carga con turbinas a “filo de corriente”, es decir turbinas horizontales de menor carga hidráulica y mayor caudal por lo que se han estado desarrollando turbinas adaptables a diferentes valores de caudal y diferentes tecnologías, materiales y experiencia.



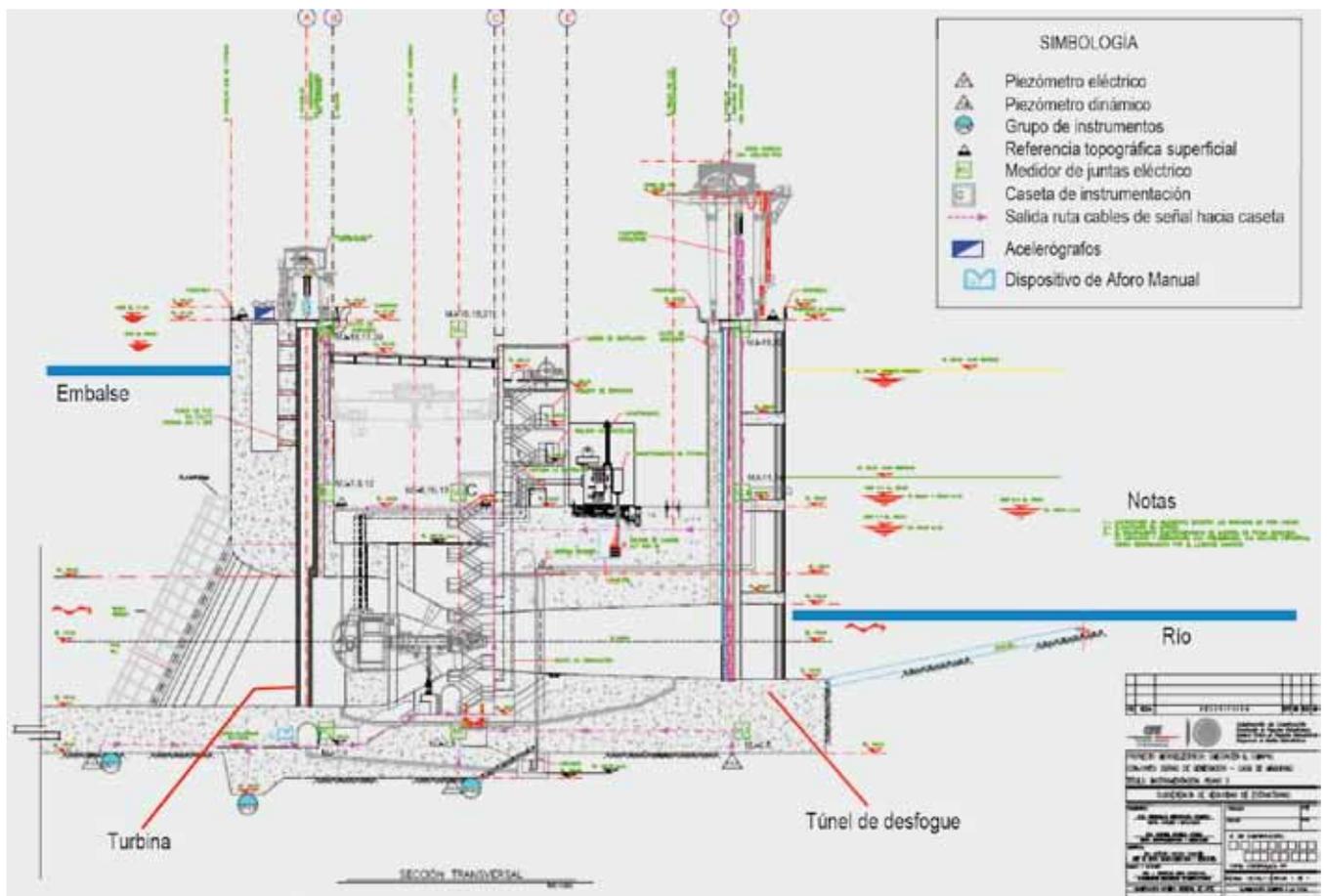


Fig. 16. Proyecto de sección transversal de una pequeña central hidroeléctrica en Chiapas.

Potencial minihidráulico

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) estima el potencial de generación para plantas menores a los 5 MW en 3.000 MW. Además la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) detectó un potencial de 400 MW en un estudio de generación con minihidráulica en 2006 para las regiones montañosas de Puebla y Veracruz. Por su parte el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) estimó un aprovechamiento en canales de riego en el país de 200 MW con generación minihidráulica (USAID, México 2010, “Guía para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad con energía renovable en y para los municipios”).

Actualmente se tiene una capacidad instalada de 596.276 MW distribuido en 44 centrales pequeñas. La mayoría de ellas en los estados de México,

Michoacán y Veracruz. En 2012, la Comisión Reguladora de Energía otorgó 32 permisos adicionales con una capacidad de 418 MW, lo que generará anualmente 1.599,1 GWh/año.

En el sistema Grijalva se tiene en estudios previos para la construcción de la central de baja carga Chicoasén II (240 MW), localizada aguas abajo de la central Manuel Moreno Torres o Chicoasén (Figura 16).

La CFE a través de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos (CPH), ha analizado la realización de proyectos de baja carga en la zona entre México y Guatemala y en los estados de Chiapas y Tabasco: sobre el cauce principal del río Usumacinta y aguas arriba del P.H. Tenosique se proyectan los P.H. La Línea, P.H. El Porvenir, P.H. Isla El Cayo y P.H. Yaxchilán.

Las pequeñas centrales de generación, mini y microhidroeléctricas pueden ser aplicadas en distritos de riego, y de esta forma ayudar al desarrollo regional de forma sustentable y con una disminución considerable de impactos sociales y ambientales.

Una opción para la promoción de estos proyectos minihidroeléctricos es la aplicación de programas de desarrollo que promueve la SENER a través de instituciones como el CONACYT y sus sistemas de financiamiento, como el Fondo Sectorial SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética (FSE), que es el instrumento creado para impulsar la investigación científica y tecnología aplicada en los rubros de eficiencia energética, fuentes renovables de energía, uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía.

El FSE ha sido aplicado en los rubros de Energía Geotérmica, Solar y recientemente Eólico. Es importante impulsar hacia la Energía Hidráulica mediante alianzas multidisciplinarias como son los Centros Mexicanos de Innovación en Energías Renovables CEMIE's, con visión hacia el desarrollo e investigación de pequeñas centrales hidroeléctricas

donde exista la participación de Institutos de Investigación para el desarrollo de esta tecnología.

Estos financiamientos son liderados exclusivamente por instituciones de educación superior y centros de investigación del país, inscritos en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT).

De esta manera, se promueve la sustentabilidad energética para reducir la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía e impulsar el desarrollo de programas hacia proyectos de energía renovable para establecer la Estrategia Nacional y sus instrumentos de financiamiento ligados principalmente al objetivo del Protocolo de Kyoto.

SINERGIAS AGUA Y ENERGÍA

Como se puede observar, el balance en materia de agua y energía es un factor crucial dentro de los programas mundiales para el desarrollo e impulso hacia la generación eléctrica mediante el uso de energías renovables y en México las hidroeléctricas continuarán siendo la principal fuente renovable, sólo es necesario impulsar su desarrollo en temas como:

1. el avance tecnológico,
2. la disminución de costos en tecnologías,
3. la promoción de los gobiernos para el desarrollo sustentable, entre otros.

Es importante destacar que el crecimiento está en función de la curva de aprendizaje, lo cual llegará a reducir los costos y propiciará la inversión en investigación y desarrollo. En México se está contribuyendo al desarrollo de esta industria mediante la adecuación de un marco regulatorio, así como la creación de fondos enfocados al desarrollo de nuevas tecnologías.

México cuenta con una excelente ubicación geográfica y extenso potencial de recursos renovables y tiene la oportunidad de manufacturar equipo

aprovechando la amplia experiencia en la industria de generación y distribución de electricidad.

Víctor Javier Bourguett Ortíz

Maestro en Ingeniería Civil
(con especialidad en Hidráulica)
Director General del Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua, IMTA, México

Ana Alicia Palacios Fonseca

Maestra en Ingeniería Civil
(con especialidad en Hidráulica)
Asesora del Director General del IMTA

Referencias

- Desarrollo sustentable y el crecimiento económico en México. Secretaría de Economía. <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/>.
- "Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones a la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía", Diario Oficial de la Federación DOF: 20/12/2013. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013/.
- Iniciativas de Leyes secundarias. Presidencia de la República <http://presidencia.gob.mx/reformaenergetica/#!leyes-secundarias/>.
- Resumen Ejecutivo, Reforma Energética. Gobierno de la República. http://embamex.sre.gob.mx/italia/images/pdf/reforma_energetica.pdf.
- Global Environment Fund (GEF). <http://www.globalenvironmentfund.com/about-gef/>.
- "La Reforma Energética cuida el medio ambiente" Presidencia de la República. SEMARNAT. <http://www.presidencia.gob.mx/la-reforma-energetica-cuida-el-medio-ambiente/>.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE, Secretaría de Energía, SENER. http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/que_es_conuee/.
- Ley para el aprovechamiento sustentable de la Energía (LAERFTE), Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf>.
- "Informe de resultados de Ahorro de Energía 2013", Programa de eficiencia Energética en la Administración Pública Federal. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE. http://www.conuee.gob.mx/pdfs/informe_conuee3_resultados_2013.pdf.
- "Prospectiva de Energías renovables 2013-2027". Secretaría de Energía. http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2014/Prospectiva_Energias_Reno_13-2027.pdf.
- "Energías renovables", Secretaría de Economía, 2013.
- "Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027", Secretaría de Energía.
- Key World Energy Statistics 2013, International Energy Agency.
- Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2007-2016, POISE. Subdirección de Programación. Gerencia de Programación de Sistemas Eléctricos. Comisión Federal de Electricidad.
- Principales presas. Atlas digital del Agua en México 2012. Sistema Nacional de Información del Agua. CONAGUA. <http://www.conagua.gob.mx/atlas/index.html>.
- "Los retos del Agua en México", Marengo M. H., Arreguín C. F., Academia de Ingeniería, 2013.
- Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. CONAGUA, SEMARNAT.
- La primera hidroeléctrica en México. Comisión Federal de Electricidad. 75 Aniversario. <http://www.aniversariocfe.com/2012/09/la-primerahidroelectrica-en-mexico/+/>.
- Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), SENER. <http://200.23.166.159/publica/version2.2/>.
- Estrategia Nacional y nuevo modelo del Sector. Javier H. Estrada (Julio 2014), SENER.
- Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE). Informe Cero. SENER.
- "Guía para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad con energía renovable en y para los municipios", USAID, México 2010.

DESARROLLO Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ANALÍTICAS

A LA PLANIFICACIÓN TRINÓMICA AGUA-ALIMENTOS-ENERGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Fernando Miralles-Wilhelm



DESCRIPTORES:
ENERGÍA
ALIMENTACIÓN
NEXO
AGUA
MODELADO

INTRODUCCIÓN: EL TRINOMIO AAE A NIVEL MUNDIAL

La interdependencia entre el agua, la energía y los alimentos (trinomio AAE) está creciendo en importancia a medida que la demanda de la garantía de acceso a cada uno de estos recursos vitales aumenta. Varias regiones del mundo ya están experimentando problemas de acceso al trinomio AAE, afectando adversamente a su crecimiento económico sostenible. Además, existe evidencia de los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad y demanda de agua, los alimentos y la energía, especialmente en los países en rápido crecimiento. Al mismo tiempo, la escasez, ya sea de agua, energía o alimentos está causada no sólo por factores físicos, sino también por cuestiones sociales, políticas y económicas que afectan la asignación, disponibilidad y uso de estos recursos.

Se espera que la población y el crecimiento económicos hagan aumentar la demanda de alimentos, energía y agua. Sin embargo, aún 783 millones y 2,5 mil millones de personas siguen sin tener acceso al agua y a su saneamiento, respectivamente. Tensiones inducidas debidas a la rápida urbanización y el cambio climático están haciendo crecer la demanda en todos los usos del agua. Las ciudades

de países en desarrollo deberán satisfacer la demanda de 70 millones de personas más cada año durante los próximos 20 años. Para 2030 se necesitará un 45% más de agua sólo para satisfacer nuestras necesidades alimentarias. Además, más de 1.300 millones de personas siguen sin tener acceso a la electricidad en todo el mundo y el cierre de la brecha de energía tiene consecuencias sobre el agua, usada para la extracción de combustible, como agua de refrigeración, o como fuente de la energía hidroeléctrica.

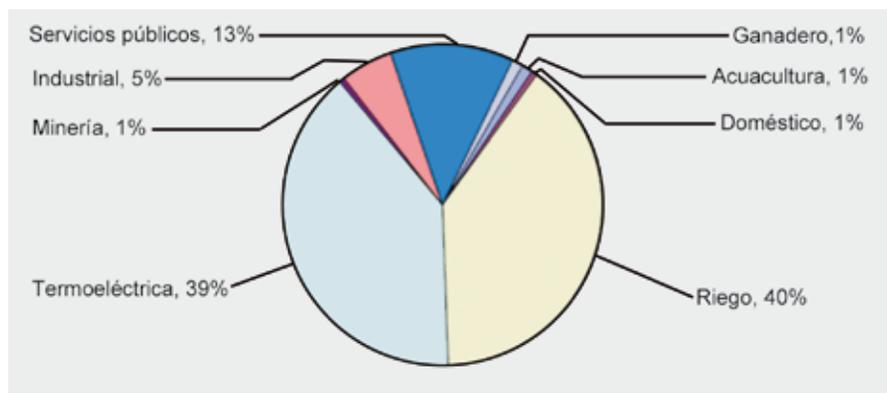
La demanda de energía para la generación de electricidad crecerá a medida que la población y la actividad económica se expandan (Shah *et al.*, 2009; Voinov y Cardwell, 2009; WWAP, 2012; Schornagel, *et al.*, 2012). Las economías emergentes como China, India y Brasil duplicarán su consumo de energía en los próximos 40 años; para el año 2050, la generación de electricidad de África será 7 veces mayor que en la actualidad; en Asia, para el año 2050, la producción de energía primaria casi se duplicará, y la generación de electricidad será más del triple; en América Latina, el aumento de fuentes fósiles no convencionales, petróleo, térmica, y gas y la cantidad de electricidad generada se espera que aumenten cinco veces

en los próximos 40 años y la cantidad de agua necesaria se triplicará (Consejo Mundial de la Energía, 2010).

Las centrales termoeléctricas representan el 39% del agua dulce extraída cada año en los EE.UU. (USGS, 2005; véase la Figura 1) y el 43% en Europa (Rubbelke, 2011) casi tanto como el sector de la agricultura. Aunque la mayor parte de este agua no se consume y se devuelve al sistema hídrico, estas enormes cantidades de agua extraída por los sectores de la producción de alimentos y la energía tienen un impacto en el ecosistema y en los recursos hídricos de una región.

Como consecuencia, existe una necesidad apremiante para la planificación integrada de desarrollo de los recursos relativos al trinomio AAE y su uso, para evitar escenarios no deseados e insostenibles en los próximos años. Aunque el trinomio AAE es bastante evidente, estos tres sectores históricamente se han regulado y gestionado por separado; y a pesar de la creciente preocupación por estas tendencias, los tomadores de decisiones a menudo permanecen mal informados acerca de sus implicaciones y mal equipados para hacer frente a los posibles resultados de esa mala información. La repercusión simultánea de los efectos del cambio climático sobre los recursos del trinomio AAE ofrece una ventana de oportunidad para materializar dicha planificación integrada en la región LAC.

Fig. 1. Consumos de agua dulce en los Estados Unidos. Fuente: USGS, 2005.



EL TRINOMIO AAE: CONTEXTO EN LA REGIÓN LAC

En la región de América Latina y el Caribe (LAC), una serie de interacciones clave ilustran la relevancia del trinomio AAE:

- *El agua es necesaria para la producción de alimentos:* el 90% de las tierras agrícolas de la región son de regado pluvial. En unos Andes con una oferta limitada de agua, existe agua suficiente para producir una dieta de 3.000 kcal, siendo de la misma, productos de origen animal en un 20%. Pero el cambio de los patrones de precipitación y la creciente demanda de alimentos están aumentando las necesidades de riego. Esto combinado con la urbanización, está haciendo aumentar la presión sobre los paisajes rurales y los suministros de agua.
- *El agua es necesaria para la generación de energía:* la energía hidroeléctrica suministra el 46% de la electricidad de la región, muy por encima del promedio mundial del 16%, pero sólo el 38% del potencial hidroeléctrico de la región se encuentra aprovechado. Además, para el cultivo y la producción de biocombustibles se requieren grandes cantidades de agua.
- *La energía es necesaria para la producción de alimentos:* este es el eslabón menos comprendido, pero la producción de alimentos, recolección, transporte, procesamiento, envasado, y comercialización utilizan recursos energéticos significativos.

- *La energía es necesaria para el acceso a las fuentes de agua:* la energía es necesaria para la desalación (que podría llegar a ser importante sobre todo en el Caribe), la distribución de agua y riego.
- *La región de LAC es un exportador neto de agua:* la huella hídrica (Hoekstra Mekonnen, 2011) varía ampliamente entre los países y existen intercambios de agua significativos dentro de la región. Por ejemplo, México es uno de los principales importadores de agua virtual en el mundo (91 Gm³/año; Konar *et al.*, 2011). Según Chapaín y Hoekstra (2004), la huella hídrica regional LAC es 1.136 m³/habitante/año. Para dar una idea de su variabilidad, las huellas hídricas por país de los siguientes países son: Argentina (1.404 m³/habitante/año), Brasil (1.381 m³/habitante/año), Ecuador (1.218 m³/habitante/año), Perú (777 m³/habitante/año), México (1.441 m³/habitante/año), Honduras (778 m³/habitante/año), Chile (803 m³/habitante/año), Colombia (812 m³/habitante/año) Venezuela (883 m³/habitante/año).

En las economías en crecimiento de la región de LAC, la necesidad de comprender las interacciones entre el agua, los alimentos y la energía son cada vez mayores, y, además, los retos de planificación y desarrollo implican usos del suelo, la urbanización, la demografía, y la protección del medio ambiente. Estos desafíos y complejidades ya no pueden ser tratados de forma convencional, con cada sector tomando decisiones de forma independiente, con normativas diferentes, y diferentes objetivos. La complejidad del sistema requiere un enfoque más sistemático teniendo en cuenta todas las interacciones y dependencias existentes entre los sectores. Como se

muestra en la Figura 2, aunque todo está interconectado, el agua juega un papel central en este trinomio siendo en muchos casos irremplazable. Por lo tanto, una mejor comprensión de las interacciones de este trinomio es muy importante para una planificación inteligente de inversiones en infraestructuras y de defensa frente al clima para garantizar un futuro sostenible.

Dejar de lado esta interdependencia no ha tenido efectos adversos graves, pero ya ha tenido algunas repercusiones en el sector de la energía. Las centrales eléctricas han tenido que cerrar debido a la falta de disponibilidad de agua para la refrigeración (caudales bajos) o debido a la alta temperatura del agua. Dados los niveles actuales y proyectados de crecimiento de muchos países de la región LAC, podemos anticipar que estos problemas pueden materializarse en un futuro próximo. Los impactos po-

tenciales sobre la contaminación del agua de fuentes no convencionales de energía (por ejemplo, *shale gas* y *fracking*) aún se desconocen y en im-

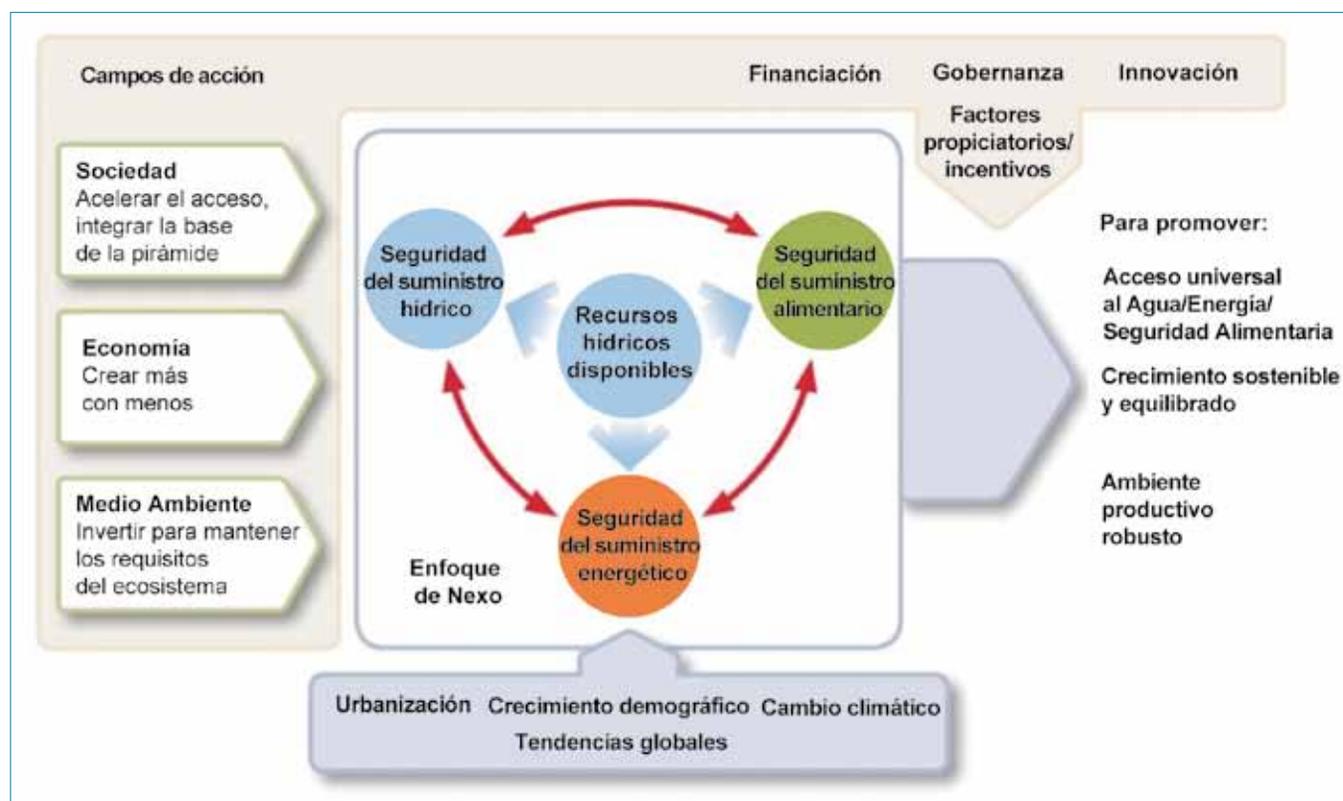
portantes yacimientos en Argentina, Colombia y México en la actualidad se está considerando su explotación (Inglesby, *et. al.*, 2012).

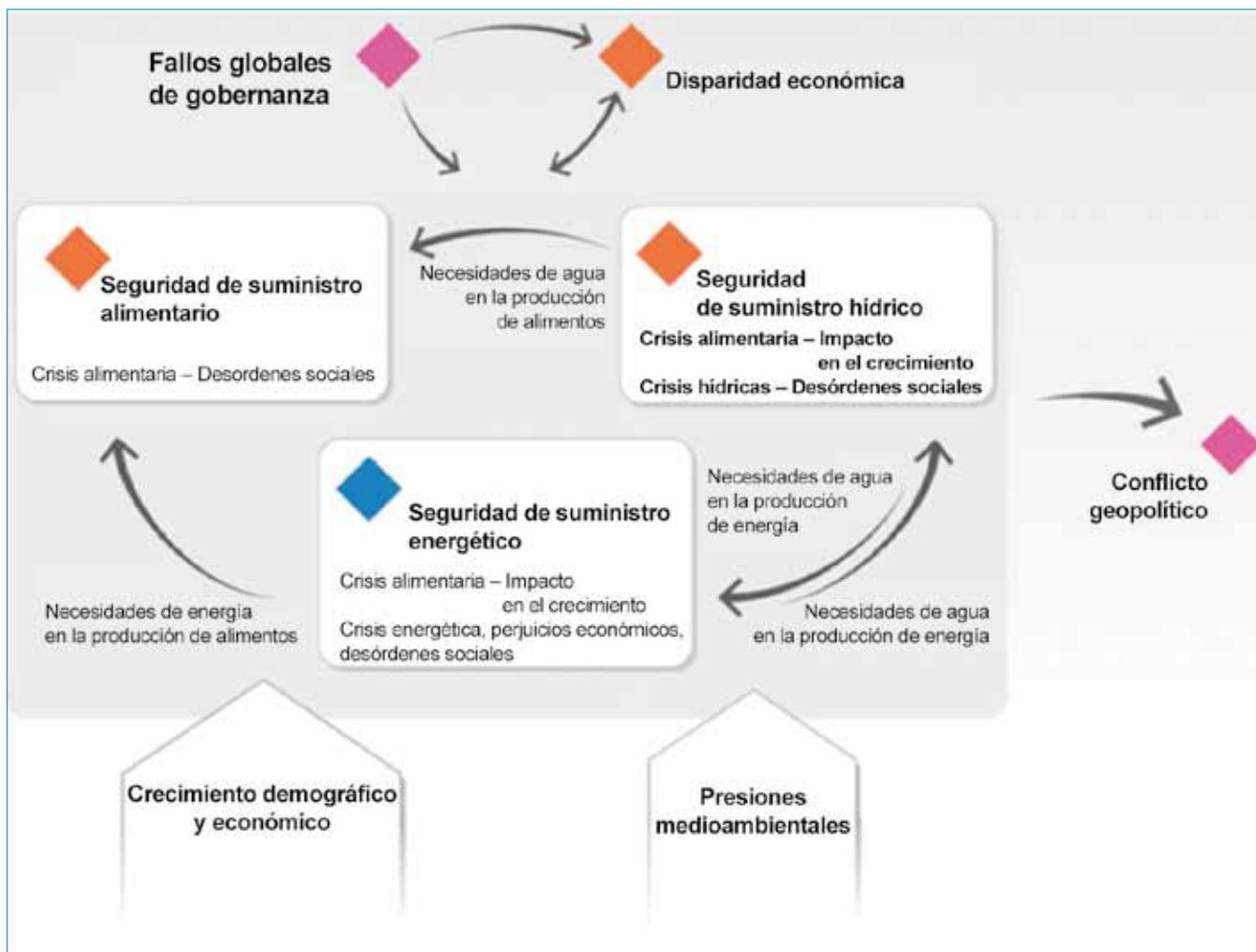
ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA

El enfoque al trinomio AAE normalmente depende de la perspectiva de los planificadores de políticas (Harris, 2002). Si se adopta una perspectiva centrada en el agua, entonces los sistemas de alimentos y la energía son meros usuarios del recurso (véase, por ejemplo, Hellegers y Zilberman, 2008); desde un punto de vista centrado en los alimentos, la energía y el agua se convierten en insumos (véase, por ejemplo, Mushtaq *et al.*, 2009; ONU-DAES, 2011; Khan y Hanjra, 2009); desde un punto de vista energético, el agua, así como los recursos biológicos (por ejemplo, la biomasa en forma de cultivos energéticos) son considerados generalmente un insumo o un requisito siendo los alimentos generalmente su resultado.

El suministro de alimentos y agua así como el tratamiento de aguas residuales requieren cantidades significativas de energía. Por supuesto, conceptos como los alimentos como fuente de energía (por ejemplo, biocombustibles) tienden a desdibujar estas descripciones (véase, por ejemplo, Nonhebel, 2005) debido a los impactos adicionales asociados a los usos del suelo, cambios de los mismos y el uso de los recursos de biomasa disponibles. En cualquier caso, la perspectiva tomada afectará el diseño de políticas. Esto se deberá a las prioridades específicas de la institución o ministerio, así como los datos, conocimientos y amplitud analítica de las herramientas de los expertos asociados y personal de apoyo.

Fig. 2. El marco del trinomio AAE.
Fuente: Instituto de Medio Ambiente de Estocolmo, 2011.





Algunos de los elementos descriptivos del trinomio AAE, fácilmente identificables son:

- En los tres ámbitos existen muchos miles de millones de personas que carecen de un acceso adecuado (cantidad, calidad o ambas cosas).
- Todos sufren de un rápido crecimiento de su demanda a nivel mundial.
- Todos ellos son recursos limitados.
- Todos son “bienes globales” e involucran al comercio internacional y tienen implicaciones globales.
- Todos tienen diferente disponibilidad y variaciones en su oferta y demanda regionales.
- Todos tienen fuertes interdependencias con el cambio climático y el medio ambiente.
- Todos tienen una importancia para la seguridad de su acceso, ya que

son fundamentales para el funcionamiento de la sociedad.

- Todos operan en mercados fuertemente regulados.
- Todos requieren la identificación explícita y el tratamiento de los riesgos.

La Figura 3 presenta un esquema de las interacciones con un enfoque en su garantía de acceso. Está claro que cada una de los tres “esferas de recursos” afecta a la otra de manera sustantiva. Hacer caso omiso de esos efectos puede tener impactos significativos sobre otro. Como Lee y Ellinas (2010) indica, “Los cuellos de botella y limitaciones previstas –en energía, agua y otros recursos naturales de importancia crítica y la infraestructura– están trayendo nuevos desafíos políticos y económicos, así como nuevas inestabilidades de difícil gestión.” Por ello, la necesidad de un

Fig. 3. Esquema de garantía de suministro del trinomio AAE.

Fuente: Bazilian et al., 2011. Energía Política 39, 7896-7906.

enfoque de planificación sistemática, coordinado es obvia.

Existen muy pocas personas (e instituciones) con conocimientos y experiencia en las tres áreas del trinomio AAE; el BID tiene necesidades de investigación en las tres áreas. Esta iniciativa de investigación es el primer intento del BID para abordar este tema tan relevante, innovador e intersectorial.

Cabe destacar que otros bancos multilaterales de desarrollo (Banco Mundial, 2013; Banco Asiático de Desarrollo, 2013) han puesto en marcha iniciativas para financiar trabajos y aplicaciones de análisis sobre el trinomio AAE.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN Y CUESTIONES A RESOLVER

El objetivo principal de la iniciativa de investigación del BID en el trinomio AAE es contribuir a la gestión y desarrollo de los sectores del agua, de la producción de alimentos y la energía y mediante el aumento de la sensibilización y la capacidad de planificación integrada de las inversiones del Banco identificando y evaluando las externalidades y sinergias. Esto se logra median-

te el apoyo a los países clientes a desarrollar enfoques innovadores y herramientas operativas basadas en la evidencia para evaluar las ventajas y desventajas económicas y sociales de las limitaciones de agua, alimentos y energía y respecto de sus planes de expansión correspondientes, en particular las inducidas por el cambio climático. Las herramientas diseñadas pueden centrarse en la planificación

sectorial al más alto nivel con el fin de identificar las oportunidades y las limitaciones principales para el agua, el desarrollo alimentario y la energía, así como la evaluación de las oportunidades para frenar el crecimiento de la demanda sin comprometer la calidad del servicio, y por tanto, priorizando para un análisis más detallado, así como proporcionando la caracterización de secuencias alternativas de inversión en cada sector. Las herramientas económicas pueden ser empleadas para cuantificar el impacto de las inversiones en sus respectivos sectores y en la economía en su conjunto, de la escasez de agua, alimentos y energía como se indica mediante la medición de sus costos de oportunidad. Este también será un paso importante hacia la mejora de la comprensión de las externalidades económicas y sociales entre los diferentes usos (es decir, el agua para la producción de energía en comparación con la producción de alimentos, usos industriales y municipales, y los beneficios ambientales del agua *in situ*). Los resultados de esta investigación por lo tanto apuntan a ayudar a los interesados a moverse en la dirección de una planificación integral de las políticas de agua, alimentos, y energía y de la priorización de sus inversiones.

Este objetivo se abordará a través de las siguientes preguntas:

— *¿Cuáles son las sinergias y limitaciones que plantea la interacción mutua y la interdependencia del agua, los alimentos y la energía (trinomio AAE)?*

El desarrollo de herramientas de análisis propuesto se centrará en la planificación sectorial al más



Fig. 4. Vista aérea de las zonas devastadas por la inundación cerca de Cartagena, Colombia.

© UN Photo/Evan Schneider.

alto nivel con el fin de identificar las oportunidades y las limitaciones principales para el agua, la seguridad alimentaria y la energía, así como la evaluación para frenar el crecimiento de la demanda sin comprometer la calidad del servicio, por tanto, indicando las prioridades para un análisis más detallado así como proporcionar la caracterización de secuencias alternativas de inversión en cada sector.

— *¿Cuáles son los impactos de las interacciones del trinomio AAE sobre la política y la toma de decisiones, en particular con respecto a las inversiones de desarrollo?*

El análisis económico se empleará para cuantificar el impacto de las inversiones en los respectivos sectores y en la economía en su conjunto derivados de la escasez de agua, alimentos y energía mediante la medición de sus costos de oportunidad. Este también será un paso importante hacia la mejora de la comprensión de las externalidades económicas y sociales entre los diferentes usos (es decir, el agua para la producción de energía en comparación con la producción de alimentos, usos industriales y municipales, y los beneficios ambientales del agua *in situ*). Los resultados de esta investigación por lo tanto apuntan a ayudar a los interesados a moverse en la dirección de una planificación integral de las políticas de agua, alimentos y energía y de la priorización de sus inversiones.

— *¿Cuáles son las amenazas y oportunidades que plantea el cambio climático al trinomio AAE en la región de LAC?*

Aunque la comprensión de los impactos del cambio climático en los sectores de agua, alimentos y energía ha avanzado significativamente en los últimos años, poco se ha investigado sobre los impactos del cambio climático sobre la interacción del trinomio AAE. Potencialmente, los efectos pueden verse agravados o compensados entre sí, lo que plantea

amenazas y oportunidades, respectivamente. La investigación propuesta utilizará escenarios y proyecciones climáticas para identificar y cuantificar estos impactos.

— *¿Cuáles son las barreras institucionales para la utilización de herramientas de planificación integradas del trinomio AAE?*

Los sectores de agua, alimentos y energía se planifican hoy sin mucha integración, por ejemplo, se asigna el agua sin tener en cuenta las limitaciones de energía, la generación de energía está prevista sin mucha consideración de las fuentes y los costos del agua, la producción de alimentos no tiene en cuenta las

necesidades de energía y de agua en su mayor parte. Es necesario abogar porque las herramientas de planificación y los procedimientos institucionales evolucionen hacia enfoques integrados de planificación con el fin de aprovechar las sinergias y gestionar las amenazas identificadas a través de esta investigación. Con este fin, hemos identificado 3 posibles aplicaciones “banco de pruebas” en la región para la implementación de herramientas de planificación del trinomio AAE desarrolladas en la fase inicial (de 1,5 a 2 años) de esta investigación: Colombia (Corporación de la Cuenca del río Magdalena), Perú (Autoridad Nacional del Agua) y Brasil (Agência Pernambucana de Águas e Clima).

LIMITACIONES EXISTENTES EN LAS HERRAMIENTAS (MODELOS) DEL TRINOMIO AAE

Un número de plataformas de modelado se han desarrollado para apoyar la evaluación del desarrollo del sector de la energía en diferentes condiciones de política económica y medioambiental, y para apoyar el desarrollo integral de los recursos en el sector del agua. Los modelos hídricos incluyen la consideración de utilización del agua para la expansión de la hidroelectricidad en comparación con otros usos; y algunos modelos de energía incluyen cálculos de las necesidades de agua para diferentes inversiones en tecnología. Típicamente, sin embargo, los modelos están diseñados para diferentes propósitos y los vínculos entre la energía y el desarrollo del sector del agua son limitados. Por otra parte, el nivel de detalle y complejidad técnica de los modelos puede excluir su aplicación para el desarrollo de la estrategia del sector al más alto nivel, una necesidad analítica crucial en la planificación del desarrollo. Lo contrario también es cierto para las necesidades a nivel de cuenca

o subcuenca, cuando los modelos son demasiado generales y no incluyen el nivel de detalle necesario.

Una revisión reciente de la literatura sobre evaluación integrada de los recursos existentes y su modelado (Cambridge Econometrics, 2010) ha demostrado que el análisis de los sistemas individuales (como los sistemas de energía o agua) se llevan a cabo de manera rutinaria, pero se centran a menudo sólo en un solo recurso o han sido a menudo aplicados a escala agregada para uso a nivel regional o mundial y, por lo general, para períodos de tiempo largos. Del mismo modo, las herramientas analíticas utilizadas para apoyar la toma de decisiones están igualmente fragmentadas. Los ejemplos de las herramientas existentes utilizadas para el análisis de sistemas de energía incluyen los modelos MESSAGE, MARKAL y LEAP. Un modelo que se ha establecido como de uso común para la planificación de sistemas de agua es el sistema de Evaluación

y Planificación del Agua (WEAP), y para la escasez de agua y la seguridad alimentaria, es el modelo de Diálogo de Política Global (PODIUM).

Sin embargo, estos y otros modelos, de una manera u otra, carecen de los datos y los componentes metodológicos necesarios para llevar a cabo una evaluación de la política integrada sobre todo cuando éstos pueden ser necesarios en un

contexto político variable; nacional/regional/local. Por lo general, se centran en un recurso e ignoran las interconexiones con otros recursos; adolecen de representaciones espaciales excesivamente simplificadas; son objeto de “investigación” en lugar de escenarios a corto plazo aplicados a la aplicación de “políticas” o modelos de apoyo/decisión, o analizan escenarios inviables en el largo plazo.

MODELO INTEGRADO PROPUESTO

Un sistema de modelado integrado agua-energía tiene que abordar las necesidades comunes de los productores de energía y agua, administradores de recursos, reguladores y los tomadores de decisiones en los niveles federal, estatal y local. Idealmente, el sistema debe proporcionar un entorno interactivo para explorar las externalidades, explorar las sinergias potenciales y evaluar alternativas entre una amplia lista de opciones y objetivos de energía-agua. En particular, los modelos deben ser flexibles a fin de facilitar el análisis a medida en diferentes regiones geográficas y a diferentes escalas (por ejemplo, estado, condado, cuencas, regiones nacionales, regiones de interconexión).

Con base en nuestra investigación, existen tres enfoques posibles para el desarrollo de este sistema: (i) incorporar los recursos hídricos y usos en herramientas de modelado de energía existentes; (ii) incorporar la producción de energía y sus usos en los marcos de modelado de recursos hídricos existentes; o (iii) construir un nuevo sistema integrado. Construir sobre la base de los sistemas de modelado existentes puede tener limitaciones. Los bancos de pruebas pueden demostrar que las herramientas existentes no abordan adecuadamente el trinomio AAE y, como tal, puede haber una necesidad de desarrollar un nuevo sistema. Como tal, la investigación propuesta analizará las herramientas

existentes y su adecuación y, si es necesario, estudiará la elaboración de un nuevo modelo agua-energía más flexible que incluya contribuciones más amplias y los costos de oportunidad de la energía y los usos del agua, y permita una planificación más integrada. Teniendo en cuenta la relevancia a largo plazo de este binomio agua-energía, se podrá estimar necesario combinar ambas estrategias; proporcionando una herramienta de modelado de agua-energía para el corto plazo (mediante el aprovechamiento de modelos y capacidades existentes, aplicadas en el contexto del valor y externalidades del agua en la economía en su conjunto), y la construcción de un método más robusto y flexible a largo plazo, con mayor atención a los vínculos e impactos intersectoriales. Un enfoque que pueda desarrollarse sobre esta capacidad existente debería ayudar a los tomadores de decisiones y desarrolladores de políticas a ganarse el apoyo de las partes interesadas y proporcionar un incentivo para asumir el sistema como suyo.

METODOLOGÍA

La metodología analítica propuesta se basa en un enfoque de modelado integrador capaz de definir las sinergias y las posibles limitaciones para el desarrollo sostenible del agua, la alimentación, la energía y su plani-



Fig. 5. Un residente de la Selva Nacional de Tapajós tuesta mandioca. Bosque Nacional de Tapajós, Brasil.
© UN Photo/Eskinder Debebe.

ficación e inversiones. El resultado pretende dar a conocer la elaboración de políticas a nivel nacional.

El enfoque de modelado se basa en la dinámica de sistemas, que se ha implementado en modelos de evalua-



ción integrada (IAMS), tales como las que se presentan en referencias tales como Hejazi *et al.* (2013) y Kyle *et al.* (2013).

Este enfoque de modelo de integración se utilizará para llevar a cabo los siguientes pasos metodológicos:

- Analizar y evaluar los balances hídricos de cada cuenca, cuantificando la asignación de agua existente para la producción de la generación de energía y los alimentos, y evaluar los modelos existentes de gestión de cuencas/regiones.
- Analizar la demanda futura de agua, alimentos y energía, y diferentes escenarios para el suministro del trinomio AAE basado en las estrategias y planificación existentes por país, así como los escenarios de cambio climático (localmente disponibles).
- Analizar la demanda futura de agua por cuenca (incluyendo el agua dedicada a la energía y la destinada para la producción de alimentos) mediante la superposición de las plantas existentes y futuras plantas de energía, explotaciones de minería del carbón/*shale* gas, riego y la producción de carne y otros productos alimenticios), centrándose en aquellas áreas geográficas donde se encuentran las actividades de generación de energía y de producción de alimentos.
- Identificar las cuencas donde pueden surgir posibles conflictos en el futuro y cuantificar los déficits potenciales respecto del trinomio AAE.
- Incorporar impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua, la demanda de alimentos, y la de producción de energía.

- Analizar las oportunidades para reducir estos conflictos, al observar diferentes esquemas de gestión del trinomio AAE y diferentes tecnologías para reducir los consumos de agua y energía (como el enfriamiento en seco, la eficiencia energética de los tratamientos de residuos efluentes), y buscar oportunidades para frenar el crecimiento de la demanda tanto de la energía como el agua a través de acciones relacionadas con la demanda.
- Cuantificación de los costos y beneficios (a través de los marcos de equilibrio parcial o general) de diferentes soluciones y sinergias.
- Analizar los impactos de los cambios en los precios/tarifas de los elementos del trinomio AAE y su planificación.

RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados de la investigación propuesta apoyarán el diálogo multisectorial del BID. En particular, este proyecto va a generar conocimiento (en forma de instrumentos de análisis) que se puede utilizar para el asesoramiento sobre políticas en relación con la planificación integrada (gestión de las fuentes, producción y distribución) de los recursos hídricos, los alimentos y la energía. Los resultados de este proyecto también contribuirán a la identificación de acciones que permitan apoyar las inversiones del sector público necesarias para una correcta aplicación de las políticas del trinomio AAE en la región.

Las herramientas de modelado del trinomio AAE propuesto deben ser capaces de ofrecer las siguientes capacidades:

- *Toma de decisiones:* una herramienta de modelado integrado bien formulada ayudaría a los gestores y sus responsables políticos evaluar sus opciones en términos de sus efectos probables en el sistema agua-energía en todo su espectro. El *kit*

de herramientas debe ser capaz de evaluar de forma transparente las externalidades reflejadas en las diferentes opciones.

- *Evaluaciones de políticas:* dados los recursos limitados, es importante para los responsables políticos garantizar que sus políticas son tan rentables como sea posible. Si varios objetivos pueden lograrse mediante una única política, se podrá avanzar más en el desarrollo que mediante políticas disjuntas centradas en objetivos individuales. Por tanto, el conjunto de herramientas debería proporcionar una evaluación política más completa, multisistema.
- *Facilitar la armonización y la integración de políticas:* hay casos de políticas muy contradictorias, por ejemplo, subsidios de electricidad que aceleran el agotamiento de los acuíferos que a su vez conducen a mayores requisitos de uso de la electricidad y de subsidios. El conjunto de herramientas debería contribuir a armonizar las políticas potencialmente conflictivas.

DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO, PROMOCIÓN Y FORMACIÓN

Como esta iniciativa implicará a un gran número de partes interesadas, como los expertos técnicos de los países responsables de la elaboración y aplicación de instrumentos de financiación, los planificadores sectoriales, académicos, responsables políticos de alto nivel, y el sector privado, es imprescindible una estrategia para mantener a éstos implicados en todo el proceso. La realización de consultas con los interesados, la amplia difusión de los resultados y el intercambio de conocimientos y el desarrollo de mensajes y productos para llegar a una audiencia global a través de las plataformas de comunicaciones apropiadas serán cruciales para conseguir el apoyo de esta iniciativa. También

- *Evaluaciones de tecnologías:* algunas opciones tecnológicas pueden afectar a múltiples recursos, por ejemplo, la energía nuclear podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reducir la exposición a los mercados de combustibles fósiles volátiles, pero puede aumentar la extracción de agua y su uso. Al igual que con otras políticas, la caja de herramientas debe permitir una evaluación más integradora de las opciones tecnológicas.
- *Desarrollo de escenarios:* otro de los objetivos es identificar consistentes escenarios de posibles trayectorias de desarrollo socioeconómico con el fin de identificar las oportunidades futuras de desarrollo, así como de la comprensión de las implicaciones de las diferentes políticas. Esto es importante para la exploración de posibles escenarios de desarrollo alternativo y los tipos de mejoras tecnológicas que podrían cambiar significativamente las trayectorias de desarrollo.

será necesario apoyar el desarrollo de cuadros capacitados en los países clientes, el Banco Mundial y otros miembros del personal asociado en el desarrollo de la aplicación de los conocimientos y herramientas implementadas por esta iniciativa.

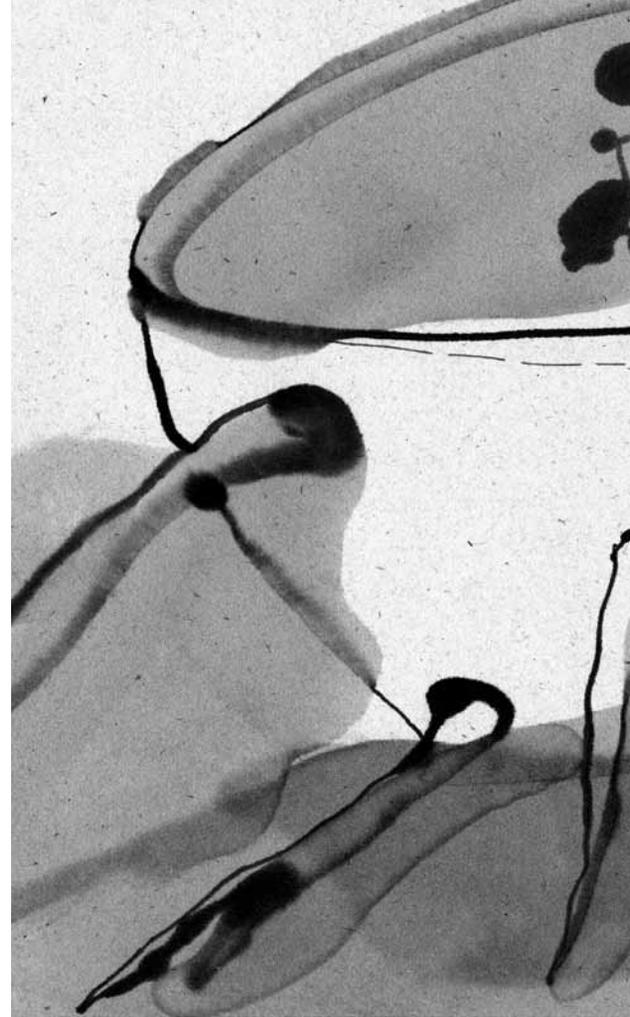
El Nexo del trinomio AAE destaca las interdependencias entre las diferentes unidades del BID y la importancia de una planificación integrada. Por lo tanto, será importante crear una mentalidad interdisciplinaria en el Banco y fomentar la cooperación y el intercambio de conocimientos entre las distintas unidades y departamentos. Esta iniciativa tendrá como objetivo adoptar enfoques más creativos y eficientes

para compartir conocimientos entre los equipos de trabajo del Banco en todas las regiones, así como con las partes interesadas en los países clientes y sus socios para el desarrollo. Se utilizarán mecanismos apropiados a la audiencia receptora para compartir esta información, tales como: i) herramientas de medios sociales basadas en la web; ii) herramientas basadas en web interactivas; iii) eventos de aprendizaje/talleres/reuniones; y iv) la cooperación con otras plataformas de aprendizaje global.

La identificación de autoría del cliente es crucial para asegurar el éxito de la iniciativa. El equipo trabajará en estrecha colaboración con los gobiernos clientes y con el sector privado en cada país, implicándolos desde el inicio. Para asegurarse de que los gobiernos clientes continuarán utilizando las herramientas una vez finalizado el proyecto, la ejecución se llevará a cabo (i) utilizando los

modelos existentes y las estructuras institucionales y sus capacidades (ii) en colaboración activa con las instituciones gubernamentales competentes a fin de facilitar la aplicación sostenible y su vinculación con la planificación de infraestructuras de agua y energía. Por otra parte, el equipo funcionará sólo con los países donde existe un claro interés por parte del gobierno y la administración del Banco en su sector energético y a una escala nacional. En una segunda fase, la estrategia de difusión tendrá como objetivo ampliar la plataforma de aplicación de la herramienta de modelado a otros países mediante el fomento de los intercambios entre los países clientes en el contexto de una comunidad de usuarios.

Fernando Miralles-Wilhelm
Ph.D., BCEE, D.WRE, F.ASCE
Asesor/Especialista Principal
Banco Interamericano de Desarrollo



Referencias bibliográficas

- Asian Development Bank, 2013, *Thinking about water differently: managing the Water, Energy and Food Nexus*.
- Bazilian et al., 2011, *Considering the Energy, Water and Food Nexus: Towards an integrated modelling approach*, *Energy Policy* 39, 7896-7906.
- Cambridge Econometrics (CE) and Sustainable Europe Research Institute (SERI), 2010, *A Scoping Study on the Macroeconomic View of Sustainability – Final Report for the European Commission, DG Environment*.
- Chapaingn A.K., A.Y. Hoekstra, 2004, "Water Footprint and Nations", en *Value of Water Research Report*, Nº 16, UNESCO-IHE.
- Harris, G., 2002, *Energy, Water, and Food Scenarios. Best Partners*.
- Hejazi, M., J.A. Edmonds, L. Clarke, P. Kyle, E. Davies, V. Chaturvedi, M. Wise, P. Patel, J. Eom, K. Calvin, R. Moss, and S. Kim, 2013, *Long-term global water projections using six socioeconomic scenarios in an integrated assessment modeling framework*, *Technol. Forecast. Soc. Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.05.006/>.
- Hellegers, P., Zilberman, D., 2008, "Interactions between water, energy, food and environment: evolving perspectives and policy issues" en *Water Policy* 10 (S1), 1-10.
- Hoekstra and Mekonnen, 2011, "The water footprint of humanity", en *Proc. Nat. Acad. Sci.* 109(9), 3232-3237.
- Inglesby, Tommy, Robert Jenks, Scott Nyquist, and Dickon Pinner, 2012, "Shale gas and tight oil: Framing the opportunities and risks", en *McKinsey on Sustainability and Resource Productivity*, Summer 2012.
- Khan, S., Hanjra, M.A., 2009, "Footprints of water and energy inputs in food production - Global perspectives", en *Food Policy* 34, 130-140.
- Konar, Dalin, Suweis, Hanasaki, Rinaldo and Rodriguez-Iturbe, 2011, "Water for food: the global virtual water trade network", en *Water Resources Research* 47, doi:10.1029/2010WR010307.
- Kyle, P., E. Davies, J. Dooley, S. Smith, L.E. Clark, Clarke, J.A. Edmonds, and M. Hejazi, 2013, "Influence of climate change mitigation technology on global demands of water for electricity generation", en *International Journal of Greenhouse Gas Control* 13, 112-123.
- Lee, B., Ellinas, L., 2010, "Water and energy security in tackling the world water crisis: reshaping the future of foreign policy", en *The Foreign Policy Centre and Nestle*.
- Mushtaq, S., Maraseni, T.N., Maroulis, J., Hafeez, M., 2009, "Energy and water tradeoffs in enhancing food security: a selective international assessment", en *Energy Policy* 37, 3635-3644.
- Nonhebel, S., 2005, "Renewable energy and food supply: will there be enough land?", en *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9, 191-201.
- Rubbelke, 2011, "Impacts of climate change on European critical infrastructures: The case of the power sector," Rubbelke, D. and S. Voegelé, en *Environ. Sci. Policy*, vol. 14, pp. 53-63, 2011.
- Shah T., Gulati A., Hemant P., Shreedhar G. and R.C. Jain, 2009, "Secret of Gujarat's Agrarian Miracle after 2000", en *Economic and Political Weekly*, XLIV 52, pp. 45-55.
- Schornagel, Joost, Frank Niele, Ernst Worrell, and Maïke Boggermann, 2012, "Water accounting for (agro) industrial operations and its application to energy pathways", en *Resources, Conservation and Recycling* 61 (2012) 1-15.
- Stockholm Environment Institute (SEI), 2011, "Understanding the Nexus", en *Bonn 2011 Nexus Conference The Water, Energy and Food Security Nexus, Solutions for the Green Economy 16-18 November 2011*.
- United States Geological Service (USGS), 2005, *Estimated Use of Water in the United States in 2005*.
- UN-DESA, 2011, *World Economic and Social Survey, New York*.
- Voinov, Alexey and Hal Cardwell, 2009, "The Energy-Water Nexus: Why Should We Care?", en *Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Education* 143, pp. 17-29, December 2009.
- World Bank, 2013, *Thirsty Energy, Water Papers, Water Partnership Program*.
- World Energy Council, 2010, *Water for Energy*, London, UK: World Energy Council.
- World Water Assessment Program (WWAP), 2012, *The United Nations World Water Development Report 4*, Paris, UNESCO.

EL AGUA EN LA TRANSICIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL

PERSPECTIVAS A MEDIO PLAZO (2030)

César Lanza

DESCRIPTORES:
POLÍTICA HIDRÁULICA
POLÍTICA ENERGÉTICA
AGUA
ELECTRICIDAD
GAS



RESUMEN



Igual que sucede en la mayoría de los países europeos, España vive un proceso de transición en su sistema energético que afecta a casi todo lo que es relevante en este ámbito: oferta, demanda, regulación, política y economía. No es nada realmente nuevo, por otra parte, pues la panorámica de los dos sectores principales que componen el mundo de los negocios energéticos (electricidad e hidrocarburos) ha cambiado de manera muy notable en España en estas últimas décadas, coincidiendo con la etapa democrática de nuestra historia reciente y la modernización económica que ha vivido el país. Pero el proceso de cambio se vive actualmente de forma incluso más acelerada a raíz de hechos muy diversos y con consecuencias que desde luego no son fáciles de predecir. En lo que se refiere a la electricidad, aparte de los cambios evidentes de la última década en las plantas de generación y el equipamiento físico del resto de las actividades, como consecuencia de su crecimiento y adaptación a las circunstancias del cambio climático (descarbonización e irrupción de las fuentes renovables), los cambios más importantes son los que se están produciendo de manera casi continuada en el plano de la regulación. En cuanto al sector gasista, prácticamente irrelevante hace tres décadas, su desarrollo ha sido espectacular hasta la fecha y aunque

la situación actual presenta rasgos de incertidumbre no deja de ser cierta la esperanza de poder explotar en un próximo futuro dentro del suelo español yacimientos no convencionales de hidrocarburos (*shale gas* y otras variedades). Como es bien sabido, aparte de una oportunidad lo anterior entraña riesgos que no deben soslayarse. Uniendo temas en apariencia tan dispares se encuentra el agua, en el centro de este proceso de cambio del sistema energético de amplio alcance y compleja evolución. Aunque debe decirse que quizá con menor visibilidad de la que debiera. El presente artículo expone de manera sucinta una serie de hechos y reflexiones que a juicio del autor deberían tener en cuenta las autoridades y los agentes empresariales sobre la importante función que el recurso hídrico desempeña en la transformación de los sectores de la energía y las oportunidades que ello significa.

*“Es necesario cambiar de rumbo con rotundidad.
Un cambio gradual no es suficiente.”*

Dr. Fatih Birol
Economista Jefe y Director de la
Agencia Internacional de la Energía

España es un país de tamaño medio en el contexto global y en lo que se refiere a la energía tiene en común con una buena parte de sus socios de la Unión Europea una circunstancia que marca en buena medida la política en este campo: su fuerte dependencia de las fuentes fósiles, especialmente los hidrocarburos. Petróleo y gas natural son los dos combustibles que predominan en proporción notable dentro del balance de energía primaria (65%) y en grandísima medida deben importarse del exterior. Solo recientemente el desarrollo de las denominadas energías renovables ha sido, a pesar de su

pésima planificación y caótico marco regulatorio, capaz de aportar cierto grado de autoabastecimiento (12%) a la demanda energética nacional. La importancia de los asuntos energéticos rebasa ampliamente el ámbito de lo técnico, incluso de lo económico, para situarse con notoriedad en el centro de la política.

Tratar acerca de la política energética es hacerlo de mercados y regulación, de asuntos domésticos y relaciones internacionales, de prosperidad y conflicto. Los avatares que señalan el suceder energético son tantos, tan variados y de tales magnitud y calado que casi ni se pueden reseñar, no di-

gamos interpretar o adornar con una explicación factible, en un pequeño artículo. Y en este contexto en cierto modo abrumador, ¿qué papel juega el agua? Con el objetivo de dar respuesta a esta supuestamente inocente pregunta sobre el Nexa Agua-Energía es preciso antes recordar, aunque sea en términos puramente cuantitativos y a vuelapluma, las principales características de nuestro sistema energético. También los factores que de manera más plausible señalan sus tendencias de evolución, dentro de la ventana temporal que aquí se está considerando entre los horizontes del corto (2020) y medio plazo (2030).

EL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL: CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES

La demanda total de energía primaria en España se sitúa actualmente en torno a 33.000 ktep/año, con un nivel medio de autoabastecimiento del 26% para el conjunto de las fuentes. Este último valor varía considerablemente, oscilando entre el 100% que muestran la hidráulica, energías renovables y nuclear, al 16% del carbón, el 0,3% del petróleo y el 0,1% del gas. Este último combustible es el que supone una mayor dependencia del exterior, aunque su estructura de aprovisionamiento en España puede considerarse como equilibrada y muy segura.

Desde el punto de vista que interesa en este artículo, que no es otro que el Nexa Agua-Energía, las dos partes más relevantes del sistema energético español son las que corresponden a los sectores eléctrico y gasista, el primero de naturaleza finalista y el segundo en parte. Las tablas que se incluyen a continuación recogen las variables más importantes que caracterizan la situación actual y la evolución de ambos sectores en los últimos años desde el punto de vista macro (Cuadros 1 y 2).

Algunas observaciones que pueden inferirse a partir de los datos anteriores:

- El crecimiento de la producción eléctrica durante los últimos 10 años ha sido muy bajo (+10% en total), consecuencia de una de-

manda interna prácticamente en recesión desde el año 2008. De hecho el valor de la demanda en 2013 es similar al del año 2005, lo cual denota un estancamiento atribuible a la crisis económica general, agudizado posiblemente por el incremento de precios del

Cuadro 1			
a) Generación eléctrica			
	Año 2013	Año 2003	Variación 2003-2013
Potencia total instalada	102.281 MW	61.223 MW	+67%
Potencia hidráulica	19.822 MW	18.153 MW	+9%
Potencia EOL+SFV+ST	29.484 MW	5.638 MW	+423%
Potencia CCGT	25.353 MW	4.394 MW	+476%
Generación neta total	260.160 GWh	235.684 GWh	+10%
Producción hidráulica	41.300 GWh	43.706 GWh	-5%
Producción EOL+SFV+SF	66.462 GWh	12.815 GWh	+419%
Producción CCGN	25.409 GWh	14.990 GWh	+70%

Datos correspondientes al sistema peninsular.
Significado de los acrónimos: EOL, eólica; SFV, solar fotovoltaica; ST, termosolar; CCGN, ciclos combinados de gas natural.

Cuadro 2			
(b) Actividad gasista			
	Año 2013	Año 2005	Variación 2005-2013
Demanda de gas natural	28,5 bcm	32,1 bcm	-11,3%
Redes de transporte y distribución	81.188 km	55.230 km	+47%
Consumidores	7.470.000	6.040.000	+23,7%
Producción autóctona	0,03 bcm	0,3 bcm	-90%



Fig. 1. La gran capacidad actualmente vacante de las centrales de Ciclo Combinado de Gas Natural (CCGN) constituye uno de los impedimentos más inmediatos al desarrollo de nuevos aprovechamientos hidroeléctricos en España.

suministro eléctrico. Conviene recordar que los precios al consumidor final prácticamente se doblaron en la década 2003-2012.

- Sin embargo, el crecimiento de la capacidad instalada ha sido extraordinariamente alto (+67%, +41.000 MW), lo cual es representativo de una evolución anómala y muy desequilibrada del sector eléctrico.

- El hecho más relevante de la década 2003-2013 en términos de potencia y energía es sin duda el crecimiento extraordinario de las RES (energía de fuentes renovables).
- Los activos de generación del tipo CCGN se encuentran actualmente muy infrautilizados (factor de utilización \approx 1.000 horas/año 2013). Este hecho es sin duda relevante dada la interdependencia de los sectores eléctrico y gasista (aproximadamente un 20% de la demanda actual de gas natural proviene de los CCGN, a la que habría que añadir la que corresponde a la cogeneración).
- Existe una amplia sobrecapacidad en el sistema eléctrico. La punta

de demanda horaria en los últimos años alcanzó un valor máximo de 44.800 MWh (diciembre, 2007), mientras que la capacidad instalada bruta es de 2,3 veces ese valor. La potencia firme, sin embargo, es menor y su factor de cobertura de 1,6 (aún así, bastante elevado).

- El consumo de gas del mercado convencional (formado por la industria y el sector doméstico-comercial) se mantiene actualmente estable en España, pero se advierte un menor consumo en generación eléctrica por parte de las centrales de ciclo combinado. Durante este último año, la demanda nacional de gas ha sido de 333.400 GWh (28,7 bcm).



do gas natural de 11 países diferentes, entre los que destacan un año más Argelia, con un 51% de los abastecimientos totales, Francia (12%), Nigeria (10%), Países del Golfo (11,6%), Trinidad y Tobago (6%) Perú (4,5%) y Noruega (3,6%), principalmente.

- La producción autóctona de gas es en términos macro irrelevante (0,1% del aprovisionamiento). La explotación industrial de ya-

cimientos no convencionales de hidrocarburos (*shale* gas y otras modalidades) aún no ha comenzado en España. Una primera valoración aproximativa de las reservas técnicamente explotables arroja una cifra de 2.000 bcm, que correspondería aproximadamente a 65 años del consumo actual de ese combustible. Estas cifras deben tomarse con prudencia, en cualquier caso.

FACTORES QUE CARACTERIZAN LA TRANSICIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN ESPAÑA

Los sectores de la energía y en particular el eléctrico y el gasista han experimentado en los últimos años cambios profundos en su estructura empresarial, planta física y modelo regulatorio. El punto de arranque en cada caso corresponde a la necesidad de armonizar ambos sectores con las condiciones que la Unión Europea había establecido para conseguir el denominado “mercado interior de la energía”. Este objetivo prioritario será la consecuencia de un proceso que se inició en la última década del siglo pasado con la denominada “liberalización” de determinadas actividades tanto en el ámbito de la electricidad como en el del gas natural. Como sin duda se recordará, la integración económica de España en Europa se intensificó en términos regulatorios a partir del año 1992 (Tratado de Maastrich que refundó la Comunidad en términos de Unión Europea), al tiempo que se daba un impulso político considerable hacia la cohesión económica y monetaria de los países miembros. Si bien ello no ha tenido como consecuencia una política energética común al estilo de la agrícola, el Libro Blanco de 1995 y las subsecuentes Directivas sobre

reglas comunes de los mercados de electricidad (1996) e hidrocarburos (1998) son hitos que señalaron la innegable voluntad de los legisladores hacia un cambio de modelo basado en los principios de la apertura a la competencia de determinadas actividades (liberalización) y el fomento de la sostenibilidad energética (política de renovables). En España ello dio lugar, como es sabido, a las leyes 54/1997 del Sector Eléctrico y 34/1998 del Sector de Hidrocarburos que separan nítidamente etapas en la historia de nuestra política energética a lo largo de estas tres últimas décadas y media. La reforma estructural de los mercados de electricidad y gas, junto con la eclosión de las energías renovables (y sus efectos sobre los sistemas eléctrico y gasista, son sin duda alguna los hechos más notables del pasado inmediato que también se viven en el presente).

Actualmente los dos sectores mencionados se encuentran sometidos en nuestro país a una dinámica de cambio que puede entenderse estructural y no de simples ajustes regulatorios. Ello obedece por una parte a razones internas que son de dominio público (desequilibrios oferta-demanda y

La industria continúa siendo la principal consumidora, con un 64% sobre el total, seguida del sector doméstico-comercial y la generación eléctrica a través de los ciclos combinados, con un 17% en ambos casos.

- La evolución de los últimos años ha potenciado el peso del sector industrial como destinatario de la oferta gasista en el mercado español. En resumen, el mercado doméstico-comercial representa el 17% de la demanda de gas natural, el industrial el 64%, la generación en ciclos el 17% y el uso no energético el 2%.
- En cuanto a la seguridad de suministro, España en 2013, ha recibi-

elevados costes regulados del sistema en el sector eléctrico; sobredimensionamiento de infraestructuras y perspectivas aún inciertas de desarrollo de yacimientos no convencionales, en el gasista). Pero los cambios obedecen también a otras circunstancias externas que tienen un alcance global y específicamente europeo como son las políticas de fomento de descarbonización progresiva de la energía y el impacto de las tecnologías de la información sobre las redes. Todas estas cuestiones forman un entramado complejo de incentivos, causas y efectos que se realimenta continuamente y crea efectos no siempre previsible en las empresas, los consumidores y los Gobiernos. Es por esta razón que los expertos hablan de un “nuevo paradigma energético” que afectaría no solo a la planta física de las actividades energéticas llevándolas hacia un modelo más limpio y sostenible, sino estructuralmente distinto. El modelo tradicional de la *utility*, asentado por décadas, se encuentra abocado a una crisis de identidad que puede llegar a poner en cuestión su razón de ser como consecuencia de la entrada en lid de modelos de negocio alternativos no sólo en generación (generación distribuida), sino también en las actividades de redes y el propio consumo. Figuras nuevas como la del *prosumer* (productor-consumidor o consumidor proactivo) o conceptos como la demanda gestionable y la inteligencia en las redes o *smart grid*, marcan sin duda las tendencias de futuro en el sector eléctrico.

En cuanto al sector gasista, el factor que puede influir con mayor intensidad en el futuro de este tipo de actividades energéticas es el posible desarrollo o explotación de los denominados yacimientos no convencionales, depósitos de *shale gas* y otras modalidades de hidrocarburos que pueden encontrarse en estado gaseoso o incluso líquido. En relación con este tema, lo cierto es que en España aún no se conoce con fiabilidad el volumen de las reservas que pueden existir

en el subsuelo ni la localización exacta de las mismas. Ambos hechos son de primera importancia para prever el impacto de este posible uso energético del agua sobre los recursos hídricos en cada una de las cuencas afectadas. Las dificultades a la exploración que han ido interponiendo diversas Comunidades Autónomas y municipios han retrasado esta evaluación comparativamente con otros países de nuestro

entorno. Por lo tanto, hasta que las prospecciones no se hayan llevado a cabo en debidas condiciones solo se puede hablar de estimaciones provisionales y prematuras, sujetas a una incertidumbre o error probable que las cuestiona a los efectos indicados de planificación. Ello no significa sin embargo que no deban empezar a considerarse hechos y factores que tarde o temprano habrá que tomar en cuenta.

PERSPECTIVAS DE LA HIDROELECTRICIDAD

A CORTO Y MEDIO PLAZO



La participación de la energía hidráulica en el conjunto del sistema eléctrico español muestra desde hace años un patrón caracterizado por su relativo estancamiento en términos absolutos (curva cuasi-plana de evolución de la potencia instalada) y una importancia relativa cuantitativamente decreciente en relación con otras fuentes de generación, en especial las denominadas renovables, RES o energías limpias (eólica, solar fotovoltaica y termosolar, concretamente). A finales del año 2013 la potencia de generación hidráulica en el sistema peninsular era de 19.822 MW (contando todos los tipos de instalaciones) lo cual representa aproximadamente el 19% de la del sistema eléctrico en su conjunto, mientras que ese mismo indicador en el año 1975 superaba el valor del 47%. En las últimas cuatro décadas la hidroelectricidad ha experimentado una pérdida de importancia relativa de cerca de 30 puntos porcentuales en cuanto a presencia en el parque de generación. En lo que se refiere a la energía generada, que puede variar ampliamente de un año a otro debido a las diferencias de hidraulicidad, la evolución media comparativa ha sido bastante similar.

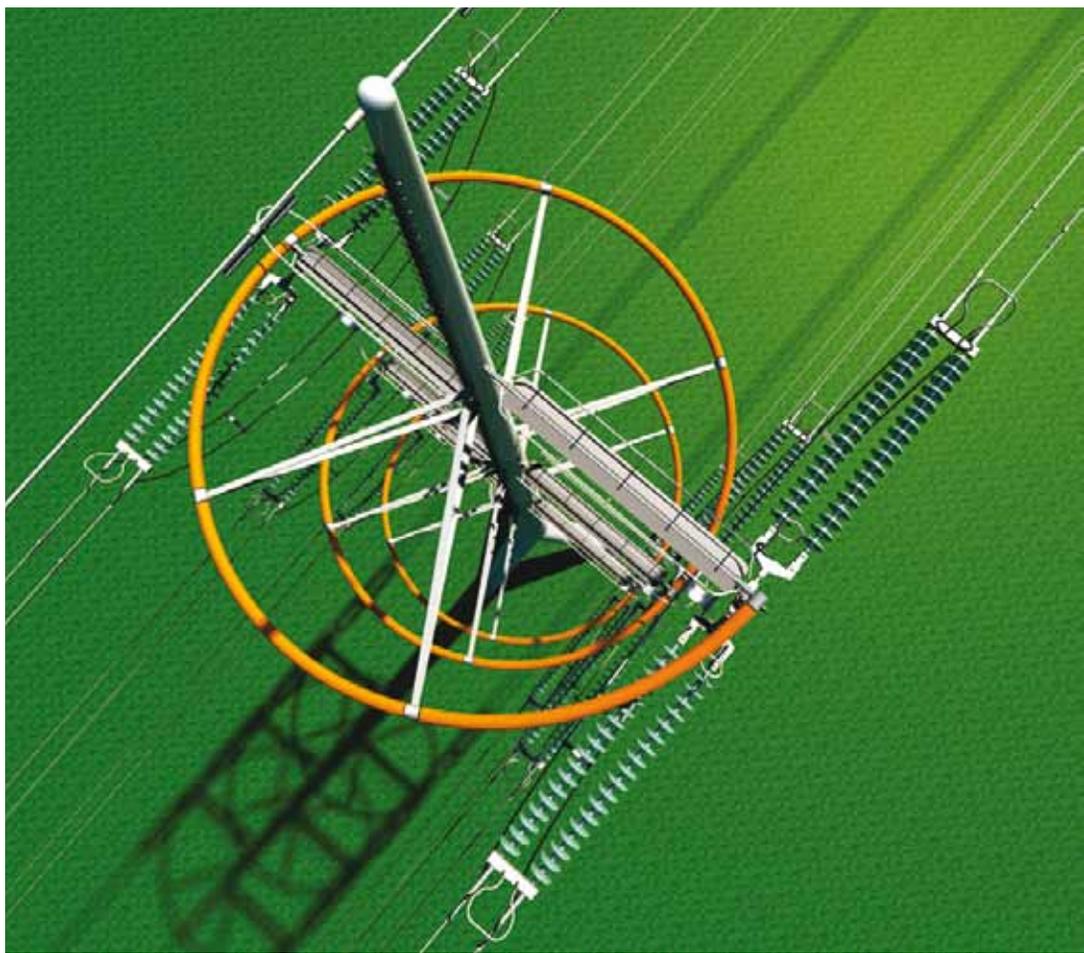
Las razones que explican el hecho anterior son múltiples y no se pueden simplificar en la manida argumen-

tación del agotamiento del producible hidráulico aún por desarrollar en condiciones de rentabilidad. Es cierto que los aprovechamientos más ventajosos en la mayoría de las cuencas y sistemas hidráulicos ya se han incorporado al patrimonio hidroeléctrico. Pero el producible total que podría desarrollarse en condiciones de viabilidad en la Península se estima¹ en torno a 70.000 GWh/año, del cual se encuentra en explotación una capacidad aproximada equivalente a 35.000 GWh/año. Por tanto aún existe un remanente apreciable si se dan las condiciones oportunas y existe interés en desarrollarlo.

En el conjunto de los países de la Unión Europea la hidroelectricidad continúa ocupando la posición de cabeza entre las fuentes y tecnologías renovables. Su contribución a la producción eléctrica total está en torno al 16% en promedio y se considera que hasta la fecha se ha desarrollado únicamente un 45% de su potencial técnico, ambiental y económicamente viable. Sin embargo la madurez y otras circunstancias de esa forma de generación ha ido desplazando en las últimas décadas el interés de autoridades, inversores y comunidad tecnológica hacia otros tipos de instalaciones. El interés por la hidroelectricidad, en este caso su

utilización como almacenamiento del sistema a gran escala, se ha reavivado más recientemente como consecuencia de la problemática de integración de fuentes irregulares como son fundamentalmente la eólica y también la solar. La generación hidroeléctrica en Europa se sitúa actualmente en torno a un valor de 340.000 GWh/año, con un crecimiento promedio anual del 1%. Nuestro país ocupa actualmente el cuarto lugar en cuanto a potencia hidroeléctrica instalada tras Noruega, Francia e Italia, y el noveno en energía producida.

Las perspectivas de evolución de la generación hidráulica varían en función de cada país, dependiendo esencialmente del potencial por desarrollar. En la UE-28 se cuenta con un remanente de 380.000 GWh, que es una cifra muy considerable. La hidroelectricidad ha pasado de ser la fuente predominante en los años Setenta a constituir una energía minoritaria pero que unánimemente se considera que es la de mayor calidad del sistema eléctrico (eficiencia, flexibilidad, limpieza y bajo coste variable). A pesar de ello su participación relativa ha decaído en estas décadas en relación con la producción de los grupos térmicos (convencionales y nucleares) en la mayoría de países salvo Noruega, donde es la tecnología mayoritaria en potencia y producción (ese país no pertenece a la UE). Según Eurelectric,² sus perspectivas de evolución a corto plazo (2020) son de un aumento moderado en potencia a instalar (+7%) y algo menos de la mitad en cuanto a producción de energía (+3%). En cualquier caso, se estima que en la mayoría de los países, salvo excepciones, se debe mantener la hidráulica como elemento de singular importancia dentro de un *mix* de generación equilibrado y con la flexibilidad debida. De hecho, las instalaciones hidroeléctricas desempeñan el papel de *backbone* de la planta de generación. El rango de participación varía entre países del 15 al 25% en potencia y es algo más bajo



en energía producida (13%-20%), variable que depende de las particularidades de la hidrología y además varía de año en año. A escala global, el país en este área de referencia, en el que se espera un mayor crecimiento hidroeléctrico en los próximos años, es Turquía (tampoco pertenece de momento a la UE).

En España, las posibilidades de desarrollo de capacidad adicional a la existente en términos de potencia hidroeléctrica a instalar en generación (aprovechamientos nuevos o mejora de algunos existentes) son limitadas en opinión de los expertos, y ello es debido a las razones que se exponen seguidamente. En primer lugar debe tenerse en cuenta que, de acuerdo con el modelo regulatorio y el marco legal del sistema eléctrico español, esta cuestión compete exclusivamente a los agentes empresariales que actúan en los mercados de energía en competencia. La decisión de invertir en generación hidroeléctrica

Fig. 2. Las redes (transporte y distribución) y especialmente la “inteligencia” desplegada a través de ellas (*smart grid*) desempeñan un papel crucial en la evolución del sistema eléctrico.

por las vías del desarrollo de nuevos aprovechamientos o la mejora de los existentes se encuentra fuera de las obligaciones reguladas de los agentes y obedece exclusivamente a su conveniencia y posibilidades, en función de la estrategia empresarial de cada compañía. En ese sentido, las perspectivas de desarrollo de nuevas centrales hidroeléctricas o repotenciación de las existentes que puedan admitirlo, vendrán condicionadas en primer lugar por dos circunstancias: (1) la evolución de la demanda de electricidad y de la capacidad disponible en el sistema para atenderla, tomando como horizonte la fecha aquí prevista (año 2030); y (2) el mérito relativo de cualquier nuevo desarrollo



Fig. 3. El Nexo Agua-Energía presenta facetas de gran impacto, como muestra alegóricamente esta imagen.

hidroeléctrico en relación con otras tecnologías de generación que puedan considerarse competidoras para hacer frente a las nuevas necesidades de abastecimiento del sistema.

Dejando de lado la evolución de la demanda que depende esencialmente del ciclo económico y centrando el tema en la preferencia que puedan tener de los inversores por la hidráulica en relación con otro tipo de instalaciones y tecnologías de generación (especialmente las que pueden considerarse equivalentes

en términos de emisiones), hay que tener en cuenta en términos comparativos los aspectos siguientes:

- CAPEX (inversión, incluyendo el coste de capital).
- Plazo de entrega y su predecibilidad (desde la decisión de invertir hasta la entrada en funcionamiento de la instalación).
- OPEX (costes de operación y mantenimiento).
- Otros costes variables (combustible, derechos de emisión, etc.).
- Fiscalidad.

En lo que se refiere a nuevas instalaciones, es decir desarrollos a

iniciar *ex-novo*, la generación hidroeléctrica en general no suele ser la más competitiva en relación con otras en los dos primeros criterios, posiblemente los de mayor peso junto con el último para los inversores. Incluso en aquellos casos en que podría serlo (comparativamente con la solar FV, por ejemplo) la abultada fiscalidad hidroeléctrica (canon de utilización, artículo 122 bis de la Ley de Aguas) hace que ahora mismo cualquier instalación de potencia > 50 MW sufra una penalización significativa en su rendimiento económico. Por tanto, teniendo en cuenta la situación actual regulatoria y de mercado, la probabilidad de que las empresas aborden desarrollos hidroeléctricos completamente nuevos parece limitada.

Los inconvenientes anteriores se atenúan sin embargo considerablemente en el caso de las repotenciaci-ones, mejoras o transformaciones de aprovechamientos actualmente en uso que dispongan de tal posibilidad. En tales casos, los factores limitativos a la inversión en capacidad hidroeléctrica se moderan considerablemente (un orden de magnitud) y ello, unido a los valores altamente positivos de este tipo de generación en otros aspectos, hace que la opción resulte potencialmente atractiva para los inversores, en general empresas que ya poseen activos de generación hidráulica. Las actuaciones emprendidas en España en los últimos años (Belesar, San Pedro, San Esteban, La Muela) y otras que están previstas en espera de arranque o aprobación, parecen corroborar la opinión anterior.

Mención aparte merece la hidráulica mediana (≤ 50 MW) y la minihidráulica (≤ 10 MW). Exentas de tributar el canon de utilización (el 22% de sus ingresos por venta de energía), poseen sin embargo la dificultad de encontrar nuevos emplazamientos rentables que puedan desarrollarse en un plazo aceptable. La minihidráulica sufre además paradójicamente la aversión del ambientalismo militante, que la sitúa en cuanto a

conflictividad en clara desventaja en relación con otras fuentes renovables del (ya extinto) régimen especial, en particular la eólica y la solar FV. De hecho, en los últimos 10 años se han instalado en España 600 MW nuevos en minihidráulica, mientras que en la generación eólica el crecimiento ha sido de 18.000 MW y en solar FV de 4.000 MW. Las cifras parecen bastante concluyentes en el sentido anteriormente indicado.

Finalmente no puede dejarse de considerar la problemática y las perspectivas del almacenamiento hidráulico de energía, es decir la función que desempeñan, y seguramente más aún en el futuro, las centrales reversibles equipadas con grupos de bombeo/turbinación y capacidad para mantener reservas en forma de energía potencial dentro del sistema eléctrico. La situación de partida en España es suficientemente conocida: las CHR existentes son

propiedad de las empresas eléctricas (generadoras) y atienden esencialmente a dos funciones: arbitraje de precios valle/punta desplazando temporalmente la energía, y por otra parte, aportación de servicios de ajuste ofertando en función de la demanda del operador del sistema eléctrico. Ambas funciones se desarrollan en concurrencia con otras tecnologías, entre las cuales destacan la hidráulica convencional y los ciclos combinados de gas natural.

EL AGUA EN LA EXPLOTACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES

El agua desempeña diversas e importantes misiones en el campo de la energía y todas ellas contribuyen a afianzar el Nexo entre ambos recursos. En lo que se refiere a los usos energéticos del agua, el más notable es sin duda el asociado a la hidroelectricidad, tanto en la faceta de producción de energía eléctrica como en lo que se refiere a su almacenamiento en forma potencial, cuestiones que se han tratado en el apartado anterior. Pero es preciso considerar aparte de lo anterior otras funciones relevantes. A escala industrial y con importancia significativa, bien en la actualidad o como posibilidad a medio plazo, deben tenerse en cuenta al menos las dos siguientes: (1) el uso del agua como refrigerante en los ciclos termodinámicos de las centrales de producción eléctrica equipadas con tecnologías térmicas y nucleares, que en España comprenden una potencia instalada de 55.234 MW, es decir el 54% del parque de generación, y una producción anual de 162.220 GWh que supone el 66% de la total del país;³ y (2) la utilización del recurso hídrico en los procesos relativos a la explotación de hidrocarburos no convencionales (*shale* gas y otras modalidades). Esto último se producirá cuando se inicie el aprovechamiento de las reservas existentes en España, previsiblemente a corto plazo si nues-

tro país actúa en sintonía con lo que está sucediendo en otros lugares.

De los dos temas señalados el primero corresponde a una realidad en curso y aunque no se trata de un uso consuntivo del agua más que en menor medida, lo cierto es que las demandas asociadas a la refrigeración de las centrales termoeléctricas poseen una dimensión cuantitativa que no puede ignorarse. Dos cuestiones de interés al respecto son por un lado, la mejora de la eficiencia en el uso industrial del agua, lo cual afecta a la modernización de las instalaciones de refrigeración y el tratamiento de los efluentes, y por otro, el efecto de las perturbaciones o irregularidades que puede causar el cambio climático sobre la hidrología del país y en consecuencia sobre la garantía de disponibilidad de los volúmenes de agua necesarios en la generación térmica. Se trata en cualquier caso de un uso energético bien establecido del agua sobre el cual no se esperan grandes cambios en el huso temporal que recoge este artículo. Contrariamente, la explotación del *shale* gas y otros hidrocarburos no convencionales que requieran operaciones de fracturación hidráulica o *fracking*, es una actividad aún inexistente aunque con perspectivas razonablemente probables de iniciarse en breve. En estos momentos sólo se pueden considerar las po-

sibilidades que barajan los expertos y en función de ellas tratar de prever la demanda de agua necesaria y los tratamientos debidos antes de reintegrar los fluidos involucrados al medio. La cuestión del *fracking* es controvertida sin duda, pero no por ello debe soslayarse ya que tarde o temprano este tema deberá ser tomado en consideración por la autoridad hidráulica, y el recurso regulado y planificado en consecuencia.

Dentro de los sectores de hidrocarburos (petróleo y gas), el crecimiento a escala global o planetaria de los servicios de gestión del agua y tecnologías asociadas crece, según los analistas del mercado, a una tasa interanual del 6%.⁴ Este dato permite darse cuenta de cómo el interés económico por los usos energéticos del agua en los sectores considerados está en aumento, probablemente como consecuencia de la robustez del desarrollo de la industria del *shale* gas y demás variedades gaseosas y líquidas de hidrocarburos que se encuentran en yacimientos no convencionales y son susceptibles de explotación rentable. Los usos industriales y energéticos del agua vienen a suponer globalmente, según estimaciones de los expertos del sector, un volumen económico anual en torno a 85.000 millones de dólares. En el World Economic Forum (reunio-

nes de Davos) la escasez de agua se ha ido situando en la cima de las prioridades, al menos declaradas, de los líderes mundiales. Así, durante los tres últimos años (2012 a 2014) los problemas de agua han ocupado uno de los tres primeros lugares en la lista de las preocupaciones de los mandatarios. Las actividades económicas directamente relacionadas con el agua (no sólo con sus usos energéticos) suponen en la actualidad un mercado global de 550.000 millones de dólares al año, con una tasa de crecimiento del 3,5%, razonablemente sostenida durante los últimos años. Ello da una idea de la importancia de la cadena de valor organizada en torno al recurso hídrico.

Los problemas de escasez a nivel global (el 60% del agua dulce se concentra en seis países) se magnifican como consecuencia de la ineficiencia con que se gestiona técnica y regulatoriamente el recurso en un buen número de países. Pero además, y esto afecta a los nuevos usos energéticos, la detracción de volúmenes considerables al ciclo hidrológico parece inevitable en el caso de que el modelo de explotación de los hidrocarburos no convencionales adoptado en los EEUU se generalice a otras áreas del planeta. Piénsese en Rusia o China, donde las reservas son potencialmente más importantes que las que se aprovechan actualmente en Norteamérica y en general se encuentran situadas en zonas áridas. Si las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía⁵ sirven como base de referencia, el volumen del *shale gas* en los yacimientos norteamericanos es algo menos del 10% de las reservas que se calcula pueden existir en los 10 países con mayor abundancia del recurso. En el caso de petróleo (no se olvide que también hay hidrocarburos líquidos no convencionales) la dotación en los EEUU comprende aproximadamente el 15% del *top ten*.

En España aún no se conoce con fiabilidad el volumen de las reservas que pueden existir en el subsuelo ni

la localización exacta de las mismas. Ambos hechos son de primera importancia para prever el impacto de este posible uso energético del agua sobre los recursos hídricos en cada una de las cuencas afectadas. Las dificultades a la exploración que han ido interponiendo diversas Comunidades Autónomas y municipios han retrasado esta evaluación comparativamente con otros países de nuestro entorno. Por lo tanto, hasta que las prospecciones no se hayan llevado a cabo en debidas condiciones solo se puede hablar de estimaciones provisionales y prematuras, sujetas a una incertidumbre o error probable que las cuestiona a los efectos indicados de planificación. Ello no significa sin embargo que no deban empezar a considerarse hechos y factores que tarde o temprano habrá que tomar en cuenta.

Como marco legal de referencia debe indicarse que la Ley 17/2013, para la garantía de suministro e incremento de la competencia en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares, puso fin a un vacío legal que la Ley 34/1998, del sector de hidrocarburos, no podía resolver. Como consecuencia de esa situación se produjeron el año pasado las iniciativas legislativas de las CCAA de Cantabria y la Rioja, más la foral de Navarra, prohibiendo las actividades de prospección y en su caso explotación del *shale gas* y demás hidrocarburos situados en yacimientos no convencionales en los territorios correspondientes. La Ley mencionada reserva al Estado la regulación de las actividades de exploración, investigación y explotación, como parte de la legislación básica que constitucionalmente está declarada competencia estatal. La Ley 17/2013 considera que, sin perjuicio de posteriores desarrollos normativos, la legislación europea ofrece el marco jurídico apropiado para la protección ambiental en relación con este tema y por tanto se sustrae a las administraciones autonómicas y locales la capacidad para intervenir en estas cuestio-

nes. La Ley 21/2013, de evaluación ambiental, incluye por otra parte este tipo de proyectos dentro de los que se encuentran obligados a someterse a evaluación ambiental ordinaria.

Al margen de la cuestión regulatoria, resulta de interés conocer a la luz de la información disponible en la actualidad lo que puede esperarse del *shale gas* en particular sobre el agua y la influencia que su explotación puede suponer en la política hidrológica, los Planes de las cuencas y la gestión del recurso hídrico. Digamos de antemano que los yacimientos que parecen más interesantes se sitúan en las CCAA de Cantabria, País Vasco y Castilla y León y que las cuencas más directamente afectadas serían, en este orden, las del Ebro y del Duero. Actualmente se están llevando a cabo exploraciones de importancia notoria en las provincias de Burgos (137.000 ha.), Álava (140.000 ha.), Cantabria y alguna más. Recordaremos que en Europa las reservas técnicamente recuperables de *shale gas* se estiman actualmente en torno a 25.000 Bcm (miles de millones de m³) mientras que en España, según datos que provienen de informes recientes de ACIEP,⁶ el volumen esperado sería ligeramente inferior a los 2.000 Bcm. De esa cantidad el 70% se encontraría en emplazamientos situados en los lugares indicados en el párrafo anterior, es decir el la vertiente sur de la cordillera Cantábrica y zona occidental del Pirineo. En similar sentido sobre la importancia y localización de los yacimientos de *shale gas* se ha manifestado también recientemente el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.⁷ El volumen de agua necesario por pozo y fracturación varía en un rango muy amplio (10.000 - 20.000 m³) si los datos obtenidos de los yacimientos norteamericanos son extrapolables a la realidad europea y española. En cualquier caso se trata de un elemento más, y desde luego importante, a tener en cuenta en el Nexo Agua-Energía durante los próximos años.

El agua desempeña diversas e importantes misiones en el campo de la energía y todas ellas contribuyen a afianzar el Nexo entre ambos recursos. En lo que se refiere a los usos energéticos del recurso, el más notable es sin duda el asociado a la hidroelectricidad, tanto en la faceta de producción de energía como en lo que se refiere a su almacenamiento en forma potencial. Pero es preciso considerar además de lo anterior otras funciones relevantes e insustituibles que corren a cargo del agua en los dos sectores hoy más importantes del mundo de la energía, el de la electricidad y el de los hidrocarburos. A escala industrial y con importancia significativa, debe tenerse en cuenta la necesaria utilización del agua como refrigerante de las centrales de producción eléctrica equipadas con tecnologías térmicas y nucleares, que constituyen una parte importantísima de la planta de generación del sistema eléctrico. Pensando además en un futuro posiblemente próximo, no hay que ignorar desde la política hidráulica el uso previsible del recurso en los procesos relativos a la explotación de hidrocarburos no convencionales (*shale* gas y otras modalidades). La faceta energética del agua es en su conjunto de importancia clave para el funcionamiento en condiciones de normalidad del sistema energético nacional y en consecuencia para el bienestar del país.

Desde el punto de vista de la política hidráulica y la actuación de las autoridades públicas, los usos del agua en los sectores de la energía requieren una atención similar a la que se presta al abastecimiento de la población (ciclo integral) y a la satisfacción de las necesidades agrícolas y ambientales. No obstante, a diferencia de los usos anteriores, el ejercicio de la responsabilidad se enfrenta por lo general a una opinión pública mucho menos favorable o en ocasiones abiertamente contraria a la explotación del recurso hídrico con fines energéticos. Siendo en un balance integral la fuente más limpia de las distintas tecnologías de generación a lo largo de su ciclo de vida, la hidroelectricidad se ha ido convirtiendo en un blanco de referencia para los frentes más beligerantes del activismo ecologista. Sin pretender aquí, ni mucho menos, la deslegitimación de este tipo de actitudes, hay sin embargo que reconocer que en muchos de estos casos el ecologismo equivoca el objeto de sus cautelas conservacionistas. Este es un problema complejo, ya que subyace en forma de juicio preconcebido en el contexto cultural en que se encuentra inmersa la sociedad actual y que contrasta con su benevolencia hacia otras fuentes y tecnologías renovables, que pueden ser en un balance global mucho menos inocuas de lo que suele pensar.

Las autoridades públicas y los reguladores han de velar por el equilibrio de los posibles inconvenientes de los aprovechamientos hidráulicos con sus ventajas, no solo a corto sino a medio plazo, y apostar por un concepto de creación de valor que aunque parezca hoy menos evidente que antaño, no por eso deja de ser cierto y potencialmente muy interesante en términos de riqueza social.

Tal vez sea oportuno recordar aquí algunas sabias palabras de aquel brillante ingeniero humanista e hidráulico de pro que era Juan Benet. En una conferencia que pronunció en el Centro de Estudios Hidrográficos en 1981, dijo lo siguiente: "... (en materia hidráulica) el lujo de hoy fue la astucia de ayer y será la vulgaridad de mañana". Es precisamente la conciencia de la sociedad sobre el valor del agua lo que debe ayudar a que se recuperen un determinado espíritu y forma de obrar en este campo, desterrando no sólo cualquier idea de vulgaridad sino especialmente la inacción como referencia ideológica del pensamiento hidráulico.

César Lanza

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal del Comité Técnico de Agua,
Energía y Medio Ambiente
Colegio de I.C.C.P.

Referencias

1. Esa estimación fue realizada tiempo atrás por el CEDEX y en nuestra opinión debería revisarse ya que no considera adecuadamente la realidad económica de la retribución de la energía hidráulica en los mercados de referencia, nominalmente el mayorista de energía y el de servicios de ajuste del sistema.
2. *Hydro in Europe: Powering Renewables*, Eurolectric, 2012.
3. Los datos provienen del informe *El sistema eléctrico nacional - 2013*, Red Eléctrica de España, 2014.
4. *Water for Onshore Oil and Gas*, Global Water Intelligence, 2014.
5. *World Energy Outlook 2013*, International Energy Agency, 2014.
6. *Evaluación preliminar de los recursos prospectivos de hidrocarburos convencionales y no convencionales en España*, ACIEP: Asociación Española de Compañías de Investigación, Exploración y Producción de Hidrocarburos y Almacenamiento Subterráneo, 2013.
7. *Gas no convencional en España, una oportunidad de futuro*, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, 2013.

CUESTIONES RELACIONADAS CON EL USO DE AGUA

PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Frank Hamill y Angelos Findikakis



DESCRIPTORES:
ALMACENAMIENTO HÍDRICO
ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO
ESTABILIDAD ENERGÉTICA
SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Los dos usos principales del agua para la producción de energía son la propia generación de energía hidroeléctrica y la refrigeración de las centrales térmicas. Los principales retos comunes a ambos usos son el potencial impacto ecológico así como otros impactos ambientales y socioeconómicos. En áreas de recursos hídricos limitados donde existe una creciente competencia por su uso, impulsada por el crecimiento demográfico y económico, el uso consuntivo del agua se ha

convertido en una preocupación importante. La tecnología está llamada a contribuir a soluciones que minimicen estos impactos, a la vez que mejoren la eficiencia de la producción de energía. Las dos tendencias principales en las últimas décadas han sido el aumento del uso de agua como medio indirecto de almacenamiento de energía a través de la construcción de proyectos hidroeléctricos de almacenamiento por bombeo, y la reducción del agua de refrigeración por unidad de energía producida.

HIDROELÉCTRICA CONVENCIONAL



El desarrollo hidroeléctrico convencional en los Estados Unidos se ha limitado en los últimos años a aprovechamientos relativamente pequeños y/o de centrales fluyentes, debido al hecho de que la mayoría de los potenciales hidroeléctricos más grandes y adecuados ya han sido aprovechados. Además de esto, existe a menudo una oposición ambiental a la creación de nuevos grandes embalses, lo cual convierte el proceso de desarrollo de cualquier aprovechamiento en largo y arduo. Sin embargo, el almacenamiento de agua en el oeste de los Estados Unidos sigue siendo de gran interés,

sobre todo en vista de la actual situación de sequía severa. En caso de que el gobierno de California se decida a construir nuevos embalses, habrá significativas oportunidades para proyectos hidroeléctricos convencionales así como de bombeo y almacenamiento aparejados a los primeros.

Otro de los aspectos en los que el desarrollo hidroeléctrico en los Estados Unidos se ha centrado ha sido en la mejora de las unidades generadoras existentes y la adición de sistemas de generación hidroeléctrica en aquellas presas que no disponían de él. Los recientes avances en el diseño de



Fig. 1. Presa Red Rock. Pella, Iowa.

turbinas hidráulicas han hecho posible aumentar la eficiencia y fiabilidad al tiempo que reducir los costos de operación y extender su vida de servicio.

Aunque la energía hidroeléctrica de almacenamiento convencional es

capaz de seguir la carga, aportar una reserva de suministro, y contribuir al control de la frecuencia y la corrección del factor de potencia, no puede contribuir a compensar la energía renovable excedente (principalmente eólica)

que se produce en muchos sistemas de la red en las horas de menor actividad. Sólo el almacenamiento por bombeo y su posterior aprovechamiento hidroeléctrico puede lograr evitar la pérdida de ese potencial ([1], [2]).

APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE ALMACENAMIENTO POR BOMBEO

Las suministradoras de energía definen un recurso de generación como “despachable” si está disponible para asumir carga en cualquier momento. Aquellos recursos que están limitados por condiciones tales como el caudal, la velocidad del viento y radiación solar se consideran no despachables. Por ello, la generación térmica y el aprovechamiento hidroeléctrico del almacenamiento por bombeo hidráulico basada en el almacenamiento se consideran despachables, no así la energía hidroeléctrica fluyente, eólica y la solar.

El perfil típico de carga de la red eléctrica en los países desarrollados, que incluye tanto cargas industriales y domésticas, muestra fuertes variaciones diurnas. Los grandes picos de carga tienden a producirse duran-

te el día, mientras que las cargas nocturnas tienden a ser mucho más reducidas. Esta curva de demanda se describe como una carga base, que se espera que exista 24 horas al día, y una carga pico superpuesta, que se produce durante sólo unas pocas horas por día. Por razones de economía y eficiencia, los recursos generadores se despachan generalmente en orden creciente del costo de producción. Los recursos de menor costo son los primeros despachables y tienden a ser asignado a la carga base, y los recursos de más altos coste son los últimos en ser despachados para cubrir los picos. Los recursos no despachables se utilizan cuando están disponibles y son rentables económicamente.

Ciertos tipos de fuentes de generación son eficientes sólo en escenarios

de plena carga. En éstos se incluyen tanto las grandes unidades de generación nuclear y como las grandes unidades térmicas alimentadas por combustibles fósiles. Estas fuentes se ajustan mejor a la cobertura de demanda base, y por lo tanto son generalmente despachados en primera instancia. Además, estas grandes unidades térmicas no son capaces de acomodar los cambios de demanda rápidos debido a las condiciones térmicas de los generadores de vapor y sus correspondientes turbinas.

Por el contrario, las unidades hidráulicas son inherentemente capaces de acomodar los cambios de carga muy rápidamente con sólo una pequeña merma de eficiencia. Normalmente, este tipo de cambios de carga están limitados únicamente



Fig. 2. Presa USACE Kinzua río abajo.
@ Margaret Luzier.

por la regulación ambiental y las necesidades otros usos no energéticos del agua. Por lo tanto, las unidades hidráulicas son muy flexibles desde el punto de vista de despacho [2].

Los aprovechamientos hidroeléctrico de almacenamiento por bombeo se han desarrollado como una tecnología de almacenamiento de energía a escala de red [3] mediante el bombeo de agua de un depósito inferior a otro más elevado durante las horas de poca actividad y permitiendo que fluya hacia abajo desde la parte superior al embalse inferior a través de las turbinas para generar electricidad durante las horas de carga máxima. En este caso, el agua almacenada en el depósito superior se convierte en energía almacenada [4].

Cuando éstas, se utilizan junto con las centrales térmicas convencionales, el beneficio derivado del uso del almacenamiento por bombeo se sustancia en la diferencia de precios,

entre los consumos de horas valle y horas pico. Cuando esa diferencia de precios es suficientemente grande, se hace posible utilizar las instalaciones hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo para almacenar energía fuera de punta para su uso en horas de pico. Esto se traduce en una especie de arbitraje de la energía, que puede ser rentable y beneficioso para el consumidor de electricidad [5] y permite incluir en la red grandes unidades para cubrir la demanda base, tales como las plantas nucleares y térmicas fósiles para operar a niveles óptimos de cargas en todo momento. Utilizado en conjunción con otras energías renovables, como la eólica, solar, mareomotriz, el aprovechamiento del almacenamiento por bombeo ofrece un medio para almacenar energía producida en tiempos de menor actividad que no podría haber sido utilizado de otra forma.

La tecnología de almacenamiento por bombeo ha evolucionado de manera significativa desde la primera aplicación del concepto en la década de 1890 y la posterior introducción de turbinas reversibles con el uso de una sola máquina como motor y generador en la década de 1930. La tecnología actual se basa en gran

medida en el uso de bombas de turbina reversibles conectadas directamente a generadores-motores [6]. Las unidades de almacenamiento y bombeo modernas son capaces de funcionar a una eficiencia de ciclo bombeo-generación entre el 75 y el 80%. El desarrollo de unidades de velocidad variable que pueden funcionar a máxima eficiencia en un rango de carga más grande que las unidades de velocidad fija, ha hecho viable y eficiente el uso de fuentes de energía intermitentes, como la eólica y la solar. La incorporación cada vez mayor de nuevas fuentes de energía renovable crean un problema de desequilibrio de red, para la cual las instalaciones de almacenamiento y bombeo ofrecen una solución.

En gran parte de los Estados Unidos (por ejemplo, California), los recursos de generación térmica se han desgajado de las empresas eléctricas de suministro de propiedad privada de inversores regulados y se han puesto en manos de las entidades generadoras independientes que venden su producción a los servicios públicos (u organismos estatales) mediante subasta. La intención de este enfoque es reducir al mínimo el costo de la energía para el consumidor a través de una libre competencia [7].

Las empresas independientes de generación solar y eólica han entrado en este mercado en gran número en los últimos años. Esto ha complicado la operación de sistemas de redes eléctricas, ya que ni el viento ni el sol son recursos totalmente despachables.

La generación solar sólo se produce en las horas de luz. Además, ese tipo de generación está necesariamente restringido por las inclemencias del tiempo. A pesar de que las horas de luz tienden a coincidir con las horas de carga máxima (exceptuando muy temprano por la mañana y tarde en las noches cuando la radiación solar es limitada, pero las cargas están en su máximo), el tiempo nublado y lluvioso sólo es predecible en el corto plazo. Desde un punto de vista de

despacho, a menudo se requiere una cierta reserva de seguridad, a pesar de que las grandes plantas solares tienden a estar situadas en zonas desérticas. Por supuesto, los paneles solares fotovoltaicos distribuidos en los tejados están sujetos a los caprichos del clima local [5].

La generación eólica es muy irregular, incluso en áreas con fuertes vientos habituales. Existen variaciones en la producción eólica, que, en conjunto, ascienden a altas y bajas muy pronunciadas. De esta manera, la generación eólica puede, en ciertos momentos, hacer las veces de una carga negativa en la red. Alguna fuente, en algún lugar, tiene que ser capaz de asumir estos cambios de “carga” con el fin de estabilizar la red y mantener el control de frecuencia ajustado [5].

Las grandes redes eléctricas incluyen una gran cantidad de maquinaria rotativa entre sus recursos de generación y sus cargas. La mayoría de los generadores y muchos motores están sincronizados con la frecuencia eléctrica de modo que los cambios de carga se resisten inicialmente por la inercia de rotación de las propias máquinas. En efecto, la red actúa como un enorme volante giratorio. Por lo tanto, los pequeños cambios de carga tienden a ser absorbidos en el corto plazo por la inercia del sistema. Cuando los cambios se vuelven lo suficientemente grandes como para afectar a la velocidad de rotación de todo el sistema en un grado perceptible, los mecanismos de compensación deben entrar en juego para que coincida la energía producida con la carga demandada. Por ello, si una gran carga entra al sistema, una o más unidades generadoras deben aumentar su producción para evitar la desaceleración de todo el sistema. Del mismo modo, si se desconecta una carga grande, la generación debe reducirse para que coincida con la demanda, o el sistema se acelerará. Se han desarrollado sistemas de gestión complejos para equilibrar las cargas con los recursos



Fig. 3. Almacenamiento por bombeo de USACE Seneca.
@ Margaret Luzier.

generados de manera tal como para mantener las variaciones de frecuencia a pequeñas fracciones de Hz. Este equilibrio depende de los motores primarios conectados que tienen una capacidad no utilizada disponible, es decir, que no se operan a «toda potencia». Además, estas unidades deben ser capaces de asumir los cambios relativamente rápidos de carga sin daño o pérdida severa de eficiencia. Tales unidades entran al sistema con el objeto específico de ser capaz de «equilibrar la carga».

En los sistemas de redes de gran tamaño que producen energía principalmente de las grandes unidades térmicas e hidráulicas, la generación es controlable y predecible en su mayoría. Las centrales hidroeléctricas pueden asumir los cambios de carga bastante rápido, al igual que ciertos tipos de generación térmica, sobre todo las unidades generadoras térmicas de combustión pequeñas o medias de combustible gas o petróleo o maquinaria a motor. Los grandes generadores de vapor de alta temperatura pueden adaptarse a los cambios de carga muy lentamente (durante muchas horas) y a un alto coste.

Los cambios de carga relativamente predecibles a gran escala, tales

como la transición diaria entre horas valle y punta, se gestionan poniendo en marcha grandes recursos de generación con antelación, y haciéndolos entrar a la red según la carga de la red aumenta. También es necesario ser capaz de cubrir grandes cambios de carga inesperados, como cuando una unidad grande de generación queda fuera de línea debido a un fallo mecánico o eléctrico. Esto se logra por tener una cierta cantidad de «reserva disponible», o capacidad de generación conectada a la red, pero trabajando a un régimen mínimo. Dichas unidades están listas para entrar a apoyar a la red de forma rápida. Algunas unidades hidroeléctricas son ideales para este uso. La mayoría de tales unidades tienen un punto de funcionamiento óptimo que es algo menor que su capacidad máxima. Por lo tanto, las unidades hidráulicas suelen tener una capacidad incorporada para «sobrecargas» en condiciones

anormales, lo que significa que existe una cierta cantidad de reserva inherente en la mayoría de las centrales hidroeléctricas [3].

Según se fueron retirando las unidades térmicas y nucleares más antiguas, y los recursos renovables como el viento y la generación de energía solar les sustituyeron en la red, el equilibrio de las cargas y de la generación se hace más compleja e impredecible. Al mismo tiempo, el valor histórico de arbitraje del aprovechamiento hidroeléctrico de acumulación por bombeo se ha visto disminuido por los incrementos significativos en los costos de generación de las grandes unidades térmicas de combustible fósil o nuclear. Sin embargo, se necesitan los servicios ofrecidos por las plantas de almacenamiento y bombeo para ofrecer servicios similares a los anteriormente ofrecidos por generadores de turbinas de combustión y otras unidades flexibles, puesto que los costes desaconsejan el uso de generadores de combustible fósil (incluso el uso del gas natural) ([7], [8], [9]).

Las plantas de almacenamiento y bombeo también ofrecen otros servicios complementarios, que la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) de los Estados Unidos define como: “aquellos servicios necesarios para apoyar la transmisión de la energía eléctrica del vendedor al comprador, dadas las obligaciones de las áreas de control y los servicios públicos de transmisión dentro de los áreas de control para mantener una operación fiable del sistema de transmisión interconectado” [10]. La FERC ha identificado seis de tales servicios: programación y despacho, control de la potencia reactiva y la tensión, compensación de pérdidas, seguimiento de la carga, de protección del sistema, y desequilibrio de la energía.

Las unidades hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo son ideales para proporcionar servicios de seguimiento de carga, y, puesto

que comprenden la maquinaria pesada de rotación, contribuyen de forma automática a la estabilidad inercial de la red [3].

Vale la pena señalar que, puesto que la generación renovable depende cada vez más de convertidores electrónicos (CC a CA) y no contribuyen en nada a la inercia del sistema, el valor de la inercia de rotación para el control de frecuencia está aumentando [3].

La importancia de un sistema de transmisión fuertemente interconectado está fuera de toda discusión. Mediante el incremento del aumento de la dependencia de la generación eólica y solar, y el crecimiento de los parques eólicos y grandes centrales solares ubicadas en áreas remotas, se necesitan de fuertes interconexiones para servir de forma fiable las cargas eléctricas que se encuentran alejadas de los generadores. Del mismo modo, las centrales hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo deben estar ubicadas donde las condiciones del lugar son favorables, y esto es por lo general a cierta distancia de los centros de consumo eléctrico.

El almacenamiento de energía es cada vez necesario en una red para poder manejar cargas variables y la diversidad de fuentes de generación. A pesar de una gran cantidad de investigación dedicada a diversos tipos de almacenamiento de energía, con un fuerte énfasis en los sistemas de baterías, que pueden ser situadas cerca de los centros de consumo, hasta el momento, ningún tipo de tecnología aplicable a gran escala se ha desarrollado. Por lo tanto, la hidráulica de bombeo continúa siendo la única alternativa de almacenamiento de energía técnica y económicamente viable.

Aproximadamente 22.000 MW de capacidad hidroeléctrica de acumulación por bombeo se han construido y operado en los Estados Unidos durante los últimos 25 años. Estas instalaciones han sido capaces de ofrecer servicios de estabilización de red como la regulación de frecuencia, reserva inercial, reserva no

inercial y de rampa rápida de carga, así como los beneficios inherentes de la inercia de rotación [3].

Un amplio modelo de estudio de los impactos de la hidroeléctrica de acumulación por bombeo en las redes interconectadas que comprenden la Interconexión Occidental en los Estados Unidos y Canadá fue publicado en junio de 2014 por el Laboratorio Nacional de Argonne, bajo el patrocinio del Departamento de Energía de Estados Unidos [5]. El estudio modeló las condiciones esperadas de 2022, según lo previsto por el Consejo de Coordinación de Electricidad de Occidente. Se modelaron dos escenarios de la capacidad de generación renovable: un escenario de referencia que refleja el mandato el 14% de la generación total a partir de fuentes renovables, y un escenario de fuertes vientos que refleja una aportación de las energías renovables del 33% basado en el viento del Oeste y el Estudio de Integración Solar, Fase 2.

Este estudio evaluó las unidades de almacenamiento por bombeo de velocidad fija existentes y las unidades de velocidad ajustable planificadas. La conclusión fue que las tres nuevas plantas actualmente previstas de almacenamiento y bombeo en el oeste de los Estados Unidos (Iowa Hill, Eagle Mountain, y Swan Lake North) que se espera que sean de la tecnología de velocidad ajustable, serán económica y financieramente viables, y que, junto con las unidades existentes, proporcionará servicios muy necesarios para las redes en la región. Las unidades de velocidad ajustables tienen la ventaja importante de ajustar la carga eléctrica y el caudal de agua en la fase de bombeo. Las bombas-turbinas de velocidad fija convencionales sólo puedan operar a plena carga en el bombeo, o se cierran. Por lo tanto, las unidades de velocidad ajustable son capaces de proporcionar servicios de equilibrio de carga en ambos modos de generación y de bombeo [11].

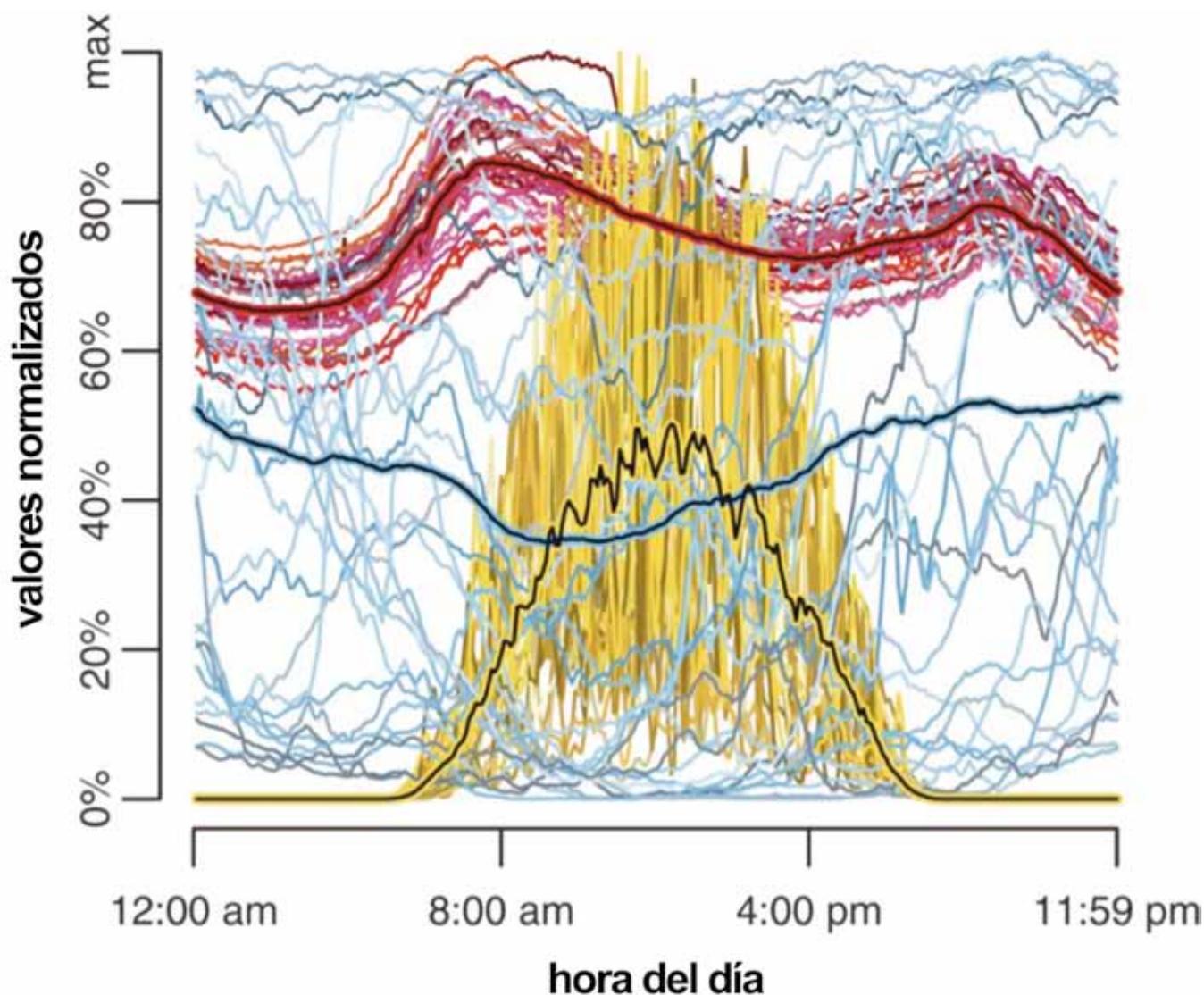


Fig. 4. Distribución de la generación de energía eólica (azul), insolación (oro), y la demanda de energía (rojo) diaria ilustrada a través de la superposición de los 30 días de los datos desde abril de 2010 obtenido a partir de la Bonneville Power Administration del Departamento de EE.UU. Energía. Las líneas negras resaltado por colores representan valores medios del periodo (reproducido con permiso de la referencia [1]).

El estudio halló que, al igual que otros, que sin instalaciones de almacenamiento en la red, se espera que las energías renovables (principalmente eólica) produzcan un exceso de energía durante la noche en horas valle (ver Figura 4). Esto requerirá su desconexión, es decir, el cierre de unidades de generación que de otro modo podrían producir energía [1]. Puesto que la generación renovable no requiere combustible, el costo de operación de la producción de energía es casi cero. Esto significa que la restricción se convierte en pura pérdida del recurso. Si ese excedente de energía se utilizara para bombear agua, que podría ser utilizada para satisfacer los picos de demanda al día siguiente, como las plantas de almacenamiento y bombeo realiza-

ron dicha labor para las que fueron diseñadas originalmente a mitad del siglo xx. Además, dichas plantas suministrarían los servicios auxiliares necesarios para estabilizar la red y proporcionar reservas para eventos inesperados. Los valores de todos los servicios fueron modelados, y en ambos escenarios, tanto en el escenario base como en el escenario de vientos fuertes, las plantas mostraron atractivo para su desarrollo.

Existe un potencial de aplicación adicional para de almacenamiento a gran escala mediante bombeo en algunas redes eléctricas. Por ejemplo, allí donde existe un potencial de desarrollo de la energía mareomotriz, como en la Bahía de Fundy en América del Norte, y en el estuario de Severn en el Reino Unido. Aun-

que la energía de las mareas es muy predecible, ya que sigue un ciclo lunar, no es muy despachable. El almacenamiento por bombeo podría ser utilizado para equilibrar una red que incluya energía mareomotriz en

su cartera de generación. La energía de marea sólo ha tenido un desarrollo muy limitado hasta la fecha, pero existen planes de plantas de lagunas de marea en etapa conceptual en varios lugares.

AGUA DE REFRIGERACIÓN

La mayoría de la energía eléctrica se genera en centrales termoeléctricas, que representan más del 80% de toda la generación eléctrica en todo el mundo [12], y alrededor del 90% de la generación en los Estados Unidos [13]. Las unidades termoeléctricas típicas utilizan una fuente de calor (combustible fósil, combustible nuclear, o energía solar) para producir vapor de alta presión que pasa a través de las turbinas que accionan generadores eléctricos. La mayoría de las plantas termoeléctricas circulan agua a través de intercambiadores de calor para ayudar a condensar el vapor de salida de las turbinas. Por ejemplo, en los Estados Unidos sólo el 1% de la capacidad de generación de energía eléctrica utiliza la refrigeración por aire seco, mientras que el resto depende del agua para su enfriamiento [14].

Los sistemas de refrigeración por agua son “de paso”, en los que el agua que sale de los intercambiadores de calor se devuelve de nuevo a su fuente a una temperatura más alta, o de bucle cerrado (recirculación), en los que se enfría el agua de los intercambiadores de calor y se reutiliza. Los sistemas de circuito cerrado incluyen estanques de enfriamiento, y/o torres de refrigeración, donde se impulsa el agua caliente a la parte superior de la torre y se enfría por el aire ambiente, al dejarse fluir hacia abajo. En estos sistemas una porción del agua se pierde por evaporación. El consumo de agua en estos sistemas es de entre 180 y 1.200 galones/MWh (0,7 a 5,3 m³/MWh). Los sistemas de refrige-

ración de paso consumen grandes volúmenes de agua, del orden de 7.500 a 60.000 galones/MWh (28 a 227 m³/MWh), dependiendo del tipo de planta de energía [15]. El uso consuntivo de agua en estos sistemas, sin embargo, es del orden del 1% del agua extraída, o menos, en el intervalo de 100 a 400 gal/MWh (-0,4 a 1,5 m³/MWh). En las plantas de carbón parte del calor residual se pierde a través de la pila, lo cual significa que, en general, se necesita menos agua que en plantas de energía nuclear, donde prácticamente todo el calor residual se disipa a través del agua de refrigeración. Por ejemplo, el uso consuntivo en sistemas de paso de refrigeración de las centrales nucleares es de 400 gal/MWh, para el combustible fósil es de 180 gal/MWh y para centrales de ciclo combinado de gas natural es de 100 gal/MWh [15].

Las plantas de energía con sistemas de refrigeración sin recirculación se encuentran ya sea al lado de grandes ríos o lagos de agua dulce, o cerca de la costa, donde se utiliza agua de mar. Las plantas de energía en climas secos del interior utilizan sistemas de refrigeración de circuito cerrado. En algunos casos las restricciones relacionadas con el agua, tales como los caudales bajos, altas temperaturas del agua u otras preocupaciones ambientales, han provocado interrupciones en la generación eléctrica y/o han sido objeto de problemas de restricción de uso ([15], [16]). Una vez reconocida la disponibilidad de agua y las limitaciones ambientales de los sistemas de



enfriamiento de paso, en la década de 1970 la industria comenzó a cambiar hacia los sistemas de refrigeración de circuito cerrado. Este cambio implicó una disminución progresiva en el uso promedio de agua por unidad de energía producida.

En los Estados Unidos el uso de los sistemas de refrigeración en nuevas plantas de energía de paso no es viable desde la introducción de la directriz 316b sobre Agua Limpia promulgada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [17]. La intención de esta norma es evitar la eliminación por la extracción de agua de refrigeración de organismos acuáticos, incluyendo peces, larvas y huevos, crustáceos, moluscos, tortugas marinas, mamíferos marinos y otras formas de vida acuática.

En virtud del artículo 316b las nuevas instalaciones deben asegu-



Fig. 5. Planta Scherer, una central de carbón en Georgia, utiliza un sistema de refrigeración de circuito cerrado que retira significativamente menos agua que un sistema de paso.

rarse de que su caudal de entrada de agua de refrigeración está en un nivel equivalente al necesario por un sistema de recirculación de ciclo cerrado, con una velocidad de admisión a través de filtro inferior o igual a 0,5 metros por segundo, cumplir los límites de admisión derivados de la ubicación y de la capacidad sobre el caudal de admisión proporcional y que se seleccionen tecnologías de construcción y explotación para minimizar la mortalidad por atrapamiento y se implementen medidas precautorias si se cumplen ciertos requisitos en la toma de agua de refrigeración.

El reglamento final publicado en mayo de 2014 requiere que las nuevas unidades en las instalaciones existentes reduzcan el caudal de admisión, como mínimo, a un nivel equivalente al necesario mediante el uso de un sistema de recircula-

ción de ciclo cerrado, o demuestren nuevas medidas tecnológicas o de control en la admisión para lograr una reducción de la mortalidad por arrastre y atrapamiento de todas la gama de pescados y mariscos que pasan a través de un tamiz con una dimensión máxima de apertura de 0,56 pulgadas [18].

Debido al alto volumen de agua utilizado en los sistemas de enfriamiento de paso, la cantidad total de las extracciones de agua para generación termoeléctrica es alta. Por ejemplo, en los Estados Unidos en el año 2005 la generación de energía termoeléctrica representó el 41% de todas las extracciones de agua dulce [19]. En 1995, el uso consuntivo promedio para todas las plantas termoeléctricas en los Estados Unidos fue de alrededor del 2% de las extracciones de agua [20].

Una posible solución para las centrales eléctricas ubicadas cerca de las ciudades en zonas con recursos hídricos limitados es el uso de las aguas residuales municipales tratadas para la refrigeración. Una base de datos de las plantas de energía que usan las aguas residuales tratadas desarrollado en 2007 identificó 57 instalaciones de ese tipo [21]. Entre ellos la planta más grande y una de los primeros en utilizar las aguas residuales regeneradas municipales para la refrigeración es la central nuclear de Palo Verde en Arizona, que utiliza 55 Mgd (76 Mm³/año) de



Fig. 6. Presa Hoover liberando agua almacenada para otros usos aguas abajo.

agua tratada terciaria. Se ha estimado que tres cuartas partes de todas las plantas de energía existentes y las casi todas las futuras plantas propuestas en los Estados Unidos se encuentran a 25 millas de una fuente de agua residual tratada secundaria [22]. La investigación está en marcha para hacer frente a algunos de los problemas asociados con el uso de aguas residuales tratadas, tales como la contaminación biológica, la escala y la corrosión.

Además, la industria está adoptando cada vez más la refrigeración por aire y sistemas de refrigeración híbrido húmedos/secos. Estos sistemas son particularmente atractivos para las instalaciones solares concentradas, que de otro modo requerirían entre 0,75 y 0,9 gal/kWh, cifra no disponible de energía solar en las ubicaciones más atractivas. El uso de tales sistemas puede reducir

el uso de agua entre un 80% y un 90%. Para lograr esta reducción en el uso del agua, la industria paga una penalización por el aumento del costo de producción de electricidad del orden de 2 a 10%, dependiendo de la ubicación de la planta y varios otros factores [23].

La investigación y desarrollo en diferentes áreas ayudan a reducir el uso del agua para la generación de energía. Los avances en la tecnología de medición hacen posible conocer la cantidad y calidad del agua utilizada en diferentes partes de una planta en cualquier momento, y para optimizar

su uso y reutilización. La recuperación de la humedad perdida a través de pilas de plantas de energía y las torres de enfriamiento así como el uso de nanopartículas de absorción de calor para mejorar la advección de calor por el agua de refrigeración son ejemplos de proyectos de investigación realizados en un nuevo Centro de Investigación del Agua que se estableció recientemente por Georgia Power en colaboración con el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica para explorar y estudiar las mejores prácticas para la gestión sostenible del agua en la industria de la energía [24].

EL CONSUMO DE AGUA DERIVADO DE LA PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA

A pesar de que no existe consumo de agua en el proceso de generación de energía, ya que todo el agua que pasa a través de las turbinas está disponible para otros usos aguas abajo, existen preocupaciones y restricciones a la medida, la oportunidad y la calidad del agua de efluente aguas abajo de dichas plantas, pudiendo afectar a la cantidad y la planificación de la producción de energía. Se ha argumentado que las plantas hidroeléctricas de almacenamiento en efecto consumen grandes cantidades de agua, debido a las pérdidas por evaporación en los embalses de almacenamiento. Un estudio reciente de las pérdidas por evaporación en los 35 embalses construidos exclusivamente para la generación de energía hidroeléctrica llegó a la conclusión de que estas pérdidas están fuertemente correlacionadas con la proporción existente entre la superficie media del depósito sobre la capacidad instalada de la planta de energía. Este valor también depende de las condiciones climáticas locales. Las pérdidas por evaporación estimadas por unidad de energía producida abarcaron un

rango de más de tres órdenes de magnitud de aproximadamente 0,3 a más de 800 gal/kWh (aproximadamente 0,001 a un poco más de 3 m³/kWh) [25]. En los Estados Unidos, una estimación estado por estado del uso consuntivo de agua en forma de pérdidas por evaporación de los embalses con aprovechamiento hidroeléctrico demostró que ese intervalo varía de aproximadamente 2 a 154 gal/kWh (0,008 hasta 0,583 m³/kWh) [26]. Debe tenerse en cuenta que las pérdidas por evaporación de los embalses estimados reportados en general no contemplaban otras pérdidas de evaporación y evapotranspiración de la vegetación y el suelo en la zona del embalse que pudieran existir antes de la construcción del embalse, aunque algunos si hicieron una estimación de la evaporación del río. Además las estimaciones del informe no contemplan las fluctuaciones del nivel de agua que afectan a la superficie del agua expuesta a la evaporación. Por lo tanto, las estadísticas citadas en general sobreestiman las pérdidas netas de evaporación de los embalses. Las pérdidas por evaporación

presentadas a partir de los embalses de proyectos hidroeléctricos pueden ser mucho mayores que el consumo de agua en centrales termoeléctricas con capacidad de generación similar. Por ejemplo, se ha estimado que las Unidades de Vogtle nuclear 1 y 2 en Georgia con una capacidad instalada de 2.865 MW y con un sistema de refrigeración de circuito cerrado (torres de refrigeración) utilizan en promedio 43,2 Mgd, es decir, un poco menos de 60 Mm³/año [27].

Las pérdidas medias de evaporación desde el embalse de la hidroeléctrica Yacretá en la frontera de Argentina y Paraguay, con una capacidad instalada similar (2.700 MW) se han estimado en 3.280 Mm³/año [25]. Cabe destacar que el uso consuntivo del agua de estas dos centrales eléctricas representa aproximadamente el mismo porcentaje de los recursos disponibles en cada caso, es decir, del orden de 1% del caudal anual del río Savannah para Vogtle y 1% del cau-

dal medio anual del río Paraná por Yacretá. En los numerosos embalses que sirven a otros fines además del aprovechamiento hidroeléctrico, no todas las pérdidas por evaporación deben ser vistas como “uso consuntivo del agua” para la producción de energía hidroeléctrica.

Frank Hamill
Bechtel Infrastructure, Inc.

Angelos Findikakis
Bechtel Nuclear, Security and Environment, Inc.

Referencias bibliográficas

- [1]. Barnhart, Charles J., Michael Dale, Adam R. Brandt, and Sally M. Benson, “The energetic implications of curtailing versus storing solar- and wind-generated electricity,” *Energy and Environmental Science*, 2013, 6, 2804.
- [2]. Schmitt, Eric, Vice President Operations, California Independent System Operator, Presentation to Panel 2: “Integrating Water and Energy Operations, Policy and Planning: Lessons Learned and Remaining Challenges,” U. S. Department of Energy Quadrennial Energy Review Stakeholder Meeting #4, The Water-Energy Nexus, San Francisco, 19 June 2014.
- [3]. Williams, Geisha, Executive Vice President, Electric Operations, Pacific Gas and Electric Company, Presentation before U. S. Department of Energy Quadrennial Energy Review Task Force on Electric Transmission, Storage and Distribution – West, 11 July 2014.
- [4]. Energy Storage Association, “Pumped Hydroelectric Storage,” *EnergyStorage.org*, 2014.
- [5]. Koritarov, Vladimir, et. al., Argonne National Laboratory, Siemens PTI, Energy Exemplar, MWH Americas, National Renewable Energy Laboratory, “Modeling and Analysis of Value of Advanced Pumped Storage Hydropower in the United States,” ANL/DIS-14/7, June 2014.
- [6]. Fayolle, Daniel, and Sylvain Lafon, “Variable speed applied to hydroelectric schemes: history of a technology and today’s state of the art,” Ljubljana, 2008, Power Consulting Associates, S.A.R.L.
- [7]. California Independent System Operator, “What the Duck Curve Tells Us About Managing a Green Grid,” Flexible Resources to Help Renewables, Fast Facts, caiso.com, 22 October 2013.
- [8]. Eagle Crest Energy Company, “White Paper on Removing Federal Barriers to Grid-Scale Energy Storage,” 28 November 2011.
- [9]. National Hydropower Association, “Challenges and Opportunities for New Pumped Storage Development,” NHA Pumped Storage Development Council, 2012.
- [10]. U. S. Federal Energy Regulatory Commission 1995, Promoting Wholesale Competition Through Open Access Non-discriminatory Transmission Services by Public Utilities, Docket RM95-8-000, Washington DC, 29 March 1995.
- [11]. Henry, Jean Marc, Frederic Maurer, Jean-Louis Drommi, Thierry Sautereau, “Converting to Variable Speed at a Pumped Storage Plant,” *HydroWorld.com*, 1 September 2013.
- [12]. IEA, Key World Energy Statistics, International Energy Agency, available at <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,31287,en.html>.
- [13]. USEIA, Summary Electricity Statistics 1999-2010, United States Energy Information Administration, 2012, available at <http://www.eia.gov/electricity/annual/pdf/tablees1.pdf>.
- [14]. NETL, Estimating Freshwater Needs to Meet Future Thermoelectric Generation Requirements 2010 Update, National Energy Technology Laboratory, DOE/NETL-400/2010/1339. September 30, 2010, available at http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/2010_Water_Needs_Analysis.pdf.
- [15]. USDOE, Energy Demands on Water Resources, Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water, U.S. Department of Energy, December 2006.
- [16]. EPRI, Water Resource Trends and Implications for the Electric Power Industry, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, December 2010.
- [17]. Ng, K and Wan, P., “Water Management Challenges in Power Generation”, Proceedings of the 21st International Conference on Nuclear Engineering, July 29-August 2, 2013, Chengdu, China.
- [18]. USEPA, Final Regulations to Establish Requirements for Cooling Water Intake Structures at Existing Facilities, Office of Water, EPA-821-F-14-001, May 2014.
- [19]. Kenny, J.F., Barber, N.L., Hutson, S.S., Linsey, K.S., Lovelace, J.K., and Maupin, M.A., (2009) Estimated use of water in the United States in 2005, U.S. Geological Survey Circular 1344, 52 pp.
- [20]. Solley, W.B., Pierce, R.R., and Perlman, H.A. (1998) Estimated use of water in the United States in 1995: U.S. Geological Survey Circular 1200, 71 pp.
- [21]. Veil, J.A. (2007) Use of Reclaimed Water for Power Plant Cooling, ANL/EVS/R07-3, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois.
- [22]. Vedic, R.D. Dzombak; M.K. Hsieh; H. Li; S.H. Chien; Y. Feng; I. Chowdhury; and J. Monnell (2009) Reuse of Treated Internal or External Wastewaters in the Cooling Systems of Coal-Based Thermoelectric Power Plants, University of Pittsburgh.
- [23]. USDOE (2009) Concentrating Solar Power Commercial Application Study: Reducing Water Consumption of Concentrating Solar Power Electricity Generation, Report to Congress, U.S. Department of Energy.
- [24]. Weisel, J. (2012) Water in Plants: New Center and Research Focus on a Finite Resource. EPRI Journal, Spring 2012, pp 10-13.
- [25]. Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra (2012) The blue water footprint of electricity from hydropower, Hydrology and Earth System Sciences, 16, pp. 179-187.
- [26]. Torcellini, P., N. Long, and R. Judkoff (2003) Consumptive Water Use for U.S. Power Production, NREL/TP-550-33905, National Renewable Energy Laboratory, Boulder, Colorado.
- [27]. USNRC (2008) Generic Environmental Impact Statement for License Renewal of Nuclear Plants, NUREG-1437, Supplement 34 Regarding Vogtle Electric Generating Plant, Units 1 and 2 Final Report, published: December 2008.

RIB AGUA

ISSN 2386-3781

Volumen 1 Número 1 2014

REVISTA IBEROAMERICANA DEL AGUA



El consejo mundial de ingenieros civiles es la única organización global de la ingeniería civil en el mundo, un foro cuyo objetivo es sensibilizar a la sociedad y a sus actores clave de la importancia de la ingeniería civil y sus buenas prácticas, una plataforma global igual entre sus miembros, independientemente de su origen, que trabaja para un desempeño ético, honesto y recto de la profesión de ingeniero civil con un enfoque de tolerancia cero con la corrupción a todos los niveles en el sector de la construcción, fomentando al mismo tiempo altos estándares de calidad.

COMITÉS PERMANENTES

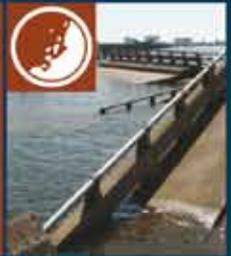


CONSTRUCCIÓN | Presidente: Ing. Efraín Echandi

- Establecer un Foro de Discusión en Temas Relacionados con la Construcción
- Promover la creación de:
 - Códigos de Construcción estándar
 - Especificación de Parámetros
 - Herramientas de Modelos de Contratación
- Promover el Uso de medios de Resolución de Disputas Alternativos
- Desarrollar la Ética y la Integridad en la Ejecución de Trabajos
- Promover el Uso de Tecnología y la Transferencia de Tecnología
- Certificado de Equivalencia Académica de Experiencia Laboral
- Planes de Prevención contra la Corrupción
- Certificado de Seguro
- Promover la Movilidad Profesional

DESASTRES NATURALES | Presidente: Prof/Ing. Tügrül Tankut

- Concienciar a las comunidades de ingeniería de los países miembro sobre la implicación de la ingeniería civil en temas relacionados con los desastres naturales
- Seguir con los avances en las prácticas de ingeniería civil en lo concerniente a los desastres naturales en el mundo
- Informar sobre el desarrollo y progreso de las prácticas en ingeniería civil relativas a los desastres naturales
- Fomentar la colaboración internacional y la red de conocimiento en temas relativos a los desastres naturales
- Organizar un Congreso Internacional sobre Terremotos y Tsunamis en colaboración con otras organizaciones internacionales



EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y DESARROLLO DE CAPACIDADES | Presidente: Ing. Martín Manuhwa

- Intercambiar la información y capacidades profesionales y técnicas de los países desarrollados con ingenieros en países en vías de desarrollo
- Facilitar a través de e-learning los conocimientos más avanzados a los ingenieros y profesores de ingeniería en los países en vías de desarrollo
- Fortalecer la enseñanza de la ingeniería en los países en vías de desarrollo mediante el intercambio de las mejores prácticas en la reforma curricular y en la práctica de la ingeniería
- Promoción y comprensión pública de la ingeniería y la tecnología
- Elaborar directrices para la definición de los conocimientos y habilidades básicos necesarios en la educación de ingeniería, y facilitárselas a la academia y a cualquier miembro
- Desarrollar políticas para el reconocimiento regional y mundial de las cualificaciones de la ingeniería a través del fortalecimiento del reconocimiento bilateral de las cualificaciones
- Desarrollar y apoyar políticas para fortalecer la movilidad de los ingenieros

AGUA | Presidente: Ing. Francisco Hijós

- Establecer un foro de debate para los temas relacionados con el agua, incluyendo a organizaciones de la industria, gobiernos, organizaciones no gubernamentales, a otras profesiones y a los ingenieros civiles
- Fomentar Políticas de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (IWRM)
- Promover el uso de la Tecnología y su Transferencia
- Formación y Capacitación en Temas relacionados con el Agua
- Promover la transparencia y la participación plena de las partes interesadas como principios rectores para todos los aspectos de la administración del agua
- Mejorar la competencia local y la puesta en práctica responsable de los Proyectos de Agua
- Colaborar en la promoción de los Objetivos de Desarrollo del Milenio
- Promover la seguridad hídrica y alimentaria en las zonas rurales de los países en vías de desarrollo



INGENIERÍA COSTERA Y MARÍTIMA | Presidente: Mauricio Porraz

- Apoyar (UPADI) (WCCE) la actividad en las siguientes áreas:
 - Cambio climático y su importancia en los océanos
 - La subida del nivel del mar y sus efectos en los deltas y costas
 - El deshielo en ambos polos que aumenta el pH afectando a toda la vida marina
- Convertirse en líder mundial en el apoyo a la Ingeniería de Océanos y Costas
- Concienciar públicamente sobre los objetivos del SCO
- Promover programas educativos, conferencias, comunicaciones, etc ... para involucrar a todos los países interesados
- Donaciones para la financiación de I + D y para las actividades del SCO identificando y reclutando nuevos miembros
- Extender las actividades del CoC más allá de las comunidades vulnerables a las condiciones meteorológicas para proyectar su imagen externa
- Crear progresivamente y crear una membresía auxiliar o asociada

El agua es imprescindible para la vida
Cuidémosla

Entre todos podemos cambiar las cosas

#IMAGINA

Comparte tus ideas
para cuidar el agua.
fundacionaquae.org



Desde la Fundación Aquae trabajamos para que cada día más personas se unan al cuidado y respeto por el medio ambiente y los recursos naturales consiguiendo que nuestro desarrollo sea un legado del que podamos sentirnos orgullosos.

Te invitamos a unirte a nuestras acciones para que entre todos podamos cambiar las cosas y hacer un mundo más sostenible.

¿Empezamos? #Imagina

Descárgate
la APP



Entra
en la web

