

AGUA Y ENERGÍA: UN BINOMIO IMPRESCINDIBLE PARA LA SOSTENIBILIDAD

Antonio González Jiménez
Foro de la Industria Nuclear Española

Resumen

Desde hace más de 25 años, existe una preocupación unánime por el futuro medioambiental del Planeta y por conocer cuáles son las principales causas de su deterioro, así como un creciente interés de los Estados y las distintas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, públicas y privadas, por desarrollar distintas alternativas que puedan dar solución a los problemas de la sostenibilidad y el cambio climático.

El primer paso de la comunidad internacional para hacer frente a esta amenaza fue la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC), que se adoptó en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992 y entró en vigor en 1994. En la vigésimo primera reunión de la Conferencia de las Partes (COP21) en diciembre de 2015 se aprobó el Acuerdo de París, por el que se acuerda “mantener el aumento de la temperatura media mundial a final de siglo muy por debajo de 2 grados centígrados con respecto a los niveles preindustriales”.

Con el fin de corregir los efectos negativos del calentamiento global, las Partes de la UNFCCC han centrado sus principales esfuerzos en el sector energético, ya que según la Agencia Internacional de la Energía, es el responsable de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Y es lógico que así sea, ya que se estima que la demanda global de energía va a seguir incrementándose en el futuro a medio y largo plazo, previéndose un crecimiento superior al 50% en el horizonte del año 2050.

Pero no solamente la energía tiene un importante papel que jugar en la sostenibilidad del Planeta. El agua libre de impurezas y accesible es parte esencial para el mantenimiento y el desarrollo sostenible de la humanidad. La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen

negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres, recrudeciendo el hambre y la desnutrición. En 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce.

La Organización de Naciones Unidas adoptó en septiembre de 2015 un conjunto de 17 objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el Planeta y asegurar la prosperidad de todos los habitantes como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en el horizonte del año 2030.

Entre estos objetivos, el número 6 establece **garantizar la disponibilidad de agua** y su gestión sostenible y el saneamiento para todos y el número 7 establece **garantizar el acceso a una energía** asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

De ahí la estrecha relación existente entre ambos. El agua y la energía apuntalan el desarrollo socioeconómico. El agua es necesaria para todas las etapas de la producción de energía, y la energía es clave para el abastecimiento y el tratamiento del agua. Esta interdependencia tiene implicaciones significativas tanto para la seguridad del suministro de energía como de agua. Con las necesidades de crecimiento de la disponibilidad de ambos elementos, es más importante que nunca entender los nexos entre ambos, anticipar los puntos de tensión futuros e implementar políticas, tecnologías y prácticas que afronten los riesgos asociados de forma efectiva.

Palabras Clave: Agua, energía, sostenibilidad, garantía de suministro, seguridad, desarrollo.

1. Introducción

Desde hace más de 25 años, existe una preocupación unánime por el futuro medioambiental del Planeta y por conocer cuáles son las principales causas de su deterioro, así como un creciente interés de los Estados y las distintas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, públicas y privadas, por desarrollar distintas alternativas que puedan dar solución a los problemas de la sostenibilidad y el cambio climático.

El primer paso de la comunidad internacional para hacer frente a esta amenaza fue la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC), que se adoptó en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992 y entró en vigor en 1994. El Artículo 2 especificaba la necesidad de “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que pudiera evitar la peligrosa interferencia antropogénica con el sistema climático”. La tercera reunión de la Conferencia de las Partes (COP3) adoptó el Protocolo de Kioto a la UNFCCC en 1997, en el que los países industrializados se comprometían a reducir sus emisiones conjuntas de gases de efecto invernadero en el periodo 2008-2012 en, al menos, un 5,2% respecto a los niveles del año 1990.

En la vigésimo primera reunión de la Conferencia de las Partes (COP21) en diciembre de 2015 se aprobó el Acuerdo de París, por el que se acuerda “mantener el aumento de la temperatura media mundial a final de siglo muy por debajo de 2 grados centígrados con respecto a los niveles preindustriales”.

Con el fin de corregir los efectos negativos del calentamiento global, las Partes de la UNFCCC han centrado sus principales esfuerzos en el sector energético, ya que según la Agencia Internacional de la Energía, es el responsable de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Y es lógico que así sea, ya que se estima que la demanda global de energía va a seguir incrementándose en el futuro a medio y largo plazo, previéndose un crecimiento superior al 50% en el horizonte del año 2050.

En octubre de 2018, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático ha editado el informe Global Warming of 1.5 °C, en el que indica que para mitigar los impactos del calentamiento global y otros problemas derivados de los gases de efecto invernadero es necesario aumentar la ambición y limitar el incremento de la temperatura a 1,5°C, para lo que se necesitarán transiciones rápidas y de alto alcance en los sectores de la energía, industria, construcción y transporte.

Pero no solamente la energía tiene un importante papel que jugar en la sostenibilidad del Planeta. El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial para el mantenimiento y el desarrollo de la humanidad. La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres, recrudesciendo el hambre y la desnutrición. En 2050, al menos

una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce.

La Organización de Naciones Unidas adoptó en septiembre de 2015 un conjunto de 17 objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el Planeta y asegurar la prosperidad de todos los habitantes como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en el horizonte del año 2030.

Entre estos objetivos, el número 6 establece **garantizar la disponibilidad de agua** y su gestión sostenible y el saneamiento para todos y el número 7 establece **garantizar el acceso a una energía** asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

De ahí la estrecha relación existente entre ambos. El agua y la energía apuntalan el desarrollo socioeconómico. El agua es necesaria para todas las etapas de la producción de energía, y la energía es clave para el abastecimiento y el tratamiento del agua. Esta interdependencia tiene implicaciones significativas tanto para la seguridad del suministro de energía como de agua. Con las necesidades de crecimiento de la disponibilidad de ambos elementos, es más importante que nunca entender los nexos entre ambos, anticipar los puntos de tensión futuros e implementar políticas, tecnologías y prácticas que afronten los riesgos asociados de forma efectiva.

2. Agua y energía, energía y agua

En el sector energético, gran parte de la atención se ha centrado en el impacto de la disponibilidad de agua en los diferentes procesos de la producción de energía y su impacto en la calidad y la cantidad de agua disponible. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) ha evaluado este tema desde hace varios años en sus informes de prospectiva (*World Energy Outlook*), proporcionando importantes conclusiones sobre sus diferentes componentes.

Lo que es menos conocido es la cantidad de energía que utiliza el sector del agua, lo que resulta esencial si se quieren identificar los cuellos de botella e implementar soluciones eficaces. En este sentido, además de proyecciones actualizadas de las necesidades de agua limpia para la producción de energía en los diferentes escenarios, la AIE ha realizado análisis para estimar la cantidad de energía necesaria para el abastecimiento de agua a los consumidores. La ha evaluado para un amplio rango de procesos de la industria del agua, incluyendo el tratamiento de las aguas

residuales, la distribución y la desalación. También ha conseguido conocer dónde se pueden conseguir potenciales de eficiencia y de recuperación energética.

La AIE considera dos posibles escenarios basados en una revisión detallada de las políticas y los planes propuestos por las diferentes administraciones nacionales e internacionales.

El **Escenario de Nuevas Políticas** (*New Policies Scenario*) refleja la manera en la que los gobiernos, individual o colectivamente, consideran que sus sectores energéticos van a seguir desarrollándose en las próximas décadas. El punto de partida son las políticas y las medidas que ya se están tomando, pero también tiene en cuenta, de forma completa o parcial, los objetivos que se han establecido, aun cuando éstos tengan que ser consagrados en la legislación o los medios para su implementación todavía estén siendo desarrollados. Los compromisos ambientales, conocidos como Contribuciones Nacionales (*Nationally Determined Contributions*) proporcionan una fuente de orientación firme y acreditada para este escenario.

El escenario de descarbonización de la economía, conocido como **Escenario 450**, es muy diferente en su concepción del anterior. Su punto de partida se establece en el objetivo hacia dónde debe dirigirse el sector energético: limitar el incremento medio global de la temperatura del planeta en el año 2100 a 2 grados centígrados con respecto a los niveles preindustriales.

Esta limitación es la que, en diciembre de 2015, la comunidad internacional aprobó en el Acuerdo de París, alcanzando lo que se ha denominado como un “acuerdo histórico”. Los 195 países participantes en la 21 Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (COP21) consiguieron alcanzar un acuerdo universal para reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático. Para ello, se acordó “mantener el aumento de la temperatura media mundial a final de siglo muy por debajo de 2 grados centígrados con respecto a los niveles preindustriales” y “aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero”. Nunca antes, un tema de preocupación global como es el del cambio climático había logrado un consenso tan amplio.

El Acuerdo es jurídicamente vinculante, pero no la decisión que lo acompaña ni los compromisos nacionales de reducción de emisiones, puesto que no se han establecido mecanismos sancionadores. Estos compromisos se revisarán al alza cada

cinco años, para que las emisiones alcancen su máximo tan pronto como sea posible y con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática -balance neto cero de emisiones- en 2050. En cuanto a la financiación, los países desarrollados aportarán un mínimo de 100.000 millones de dólares anuales desde 2020 para ayudar a la mitigación y a la adaptación a los países en desarrollo.

El Acuerdo de París es “neutro” desde el punto de vista tecnológico, por lo que no existe ninguna restricción ni limitación para que los distintos países puedan utilizar en sus *mix* de generación la tecnología que consideren adecuada.

El Acuerdo de París quedó abierto a la firma en la Sede de la ONU el 22 de abril de 2016 y hasta el 21 de abril de 2017. Entraría en vigor un mes después de la fecha en la que no menos de 55 Partes en la Convención, cuyas emisiones estimadas representasen globalmente un 55% del total de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, hubieran depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión, hecho que se produjo el 5 de octubre de 2016, por lo que el Acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. El 12 de enero de 2017, la Embajada de España ante Naciones Unidas depositó el instrumento de ratificación del Acuerdo, convirtiéndose en Parte de pleno derecho.

La energía necesita del agua y el agua necesita de la energía; y estas interrelaciones tienen una importancia enorme para el crecimiento económico, para la vida y para el bienestar. El agua es esencial en todas las etapas de la producción de energía, desde los combustibles fósiles a los biocombustibles y las plantas de generación eléctrica; el uso de energía es vital para un amplio número de procesos del agua, incluidas la distribución, el tratamiento de aguas residuales y la desalación. Casi todas las debilidades del sistema energético global, tanto relacionadas con el acceso a la energía, la garantía de suministro o la respuesta al cambio climático pueden ser agravadas por cambios en la disponibilidad de agua. Casi todas las dificultades en la cadena de suministro del agua pueden empeorar por fallos en el suministro energético.

Las interdependencias entre energía y agua se intensificarán en los próximos años, ya que el sector del agua necesita del crecimiento del sector energético. Éste es responsable de la utilización del 10% del total del agua mundial, fundamentalmente para la operación de las plantas de generación de electricidad así como para la producción de combustibles fósiles y biocombustibles. En el Escenario de Nuevas Políticas, las necesidades crecen en el periodo hasta el año 2040: la utilización de agua (se refiere al volumen de agua extraído de una fuente o acuífero; por definición,

la utilización es siempre mayor o igual que el agua consumida) en el sector energético crece algo menos del 2% para alcanzar más de 400.000 millones de metros cúbicos, al tiempo que el agua consumida (el consumo de agua se refiere al volumen de agua extraída de una fuente que no es devuelta a la misma -por ejemplo, porque se evapora o es transportada a otro lugar- y por definición ya no está disponible en el futuro para otros usos) se incrementa en casi un 60% hasta más de 75.000 millones de metros cúbicos. En el sector eléctrico hay una transformación hacia tecnologías de refrigeración avanzadas que utilizan menos agua, pero consumen más. Un incremento en la demanda de biocombustibles aumenta el uso de agua y una mayor implementación de la energía nuclear incrementa los niveles de utilización.

En el otro lado de la ecuación, la AIE ha realizado la primera estimación sistemática global del uso de las necesidades de energía para abastecer de agua a los consumidores, un ámbito de demanda que va a crecer rápidamente en las próximas décadas. Hoy en día, la cantidad de energía utilizada en el sector del agua es casi equivalente a la demanda energética total de Australia, la mayor parte en forma de electricidad. En 2014, casi el 4% del consumo global de electricidad se utilizaba para la extracción, distribución y tratamiento del agua y de las aguas residuales, además de 50 millones de toneladas equivalentes de petróleo de energía térmica, principalmente diésel consumido por las bombas de irrigación, y gas en las plantas desaladoras. De aquí hasta 2040, la cantidad de energía utilizada en el sector del agua va más que a duplicarse. La mayor parte del incremento se deberá a la desalación, seguida del transporte de agua a gran escala y del creciente consumo en el tratamiento de las aguas residuales.

3. Agua y tecnologías energéticas: hacia una economía baja en carbono y sostenible.

Mientras que una hoja de ruta baja en carbono proporciona beneficios medioambientales significativos, algunas tecnologías y combustibles utilizados para seguir esa hoja de ruta podrían, en el caso de no gestionarse adecuadamente, agravar los problemas en el uso del agua. Algunas tecnologías, como la eólica o la solar fotovoltaica necesitan de una cantidad muy pequeña de agua; pero cuanto más descansa la descarbonización en la producción de biocombustibles, en el desarrollo de la energía solar de concentración o en el secuestro del carbono, más agua se consumirá. Como resultado de esto, en el escenario en el que se mantiene un límite del incremento de la temperatura media global a 2 grados centígrados, la utilización de

agua es un 12% inferior en 2040 en relación al escenario de referencia pero el consumo es un 2% mayor.

La desalación y la reutilización del agua pueden ayudar a los países que tienen recursos limitados de agua limpia a mejorar un suministro sostenible, aunque también contribuyen al incremento del consumo de energía. La desalación y la reutilización del agua satisfacen menos del 1% de las necesidades globales de agua actuales, pero consumen casi el 25% del consumo total de energía en el sector del agua. En 2040, significarán el 4% del suministro de agua, pero el 60% de la energía consumida en este sector. Se proyecta un incremento significativo en la capacidad de desalación en Oriente Medio, en donde se localizan varios de los países con más bajos recursos. Aunque esto ayude a disminuir la escasez de agua, tendrá un coste importante: en 2040 la desalación supondrá más del 10% del total del consumo final de energía en Oriente Medio.

El consumo energético podría reducirse en un 15% en el sector del agua en el año 2040 si se explotasen las herramientas de eficiencia energética económicamente disponibles y los potenciales de recuperación de energía en el sector del agua. Es posible producir grandes ahorros en el tratamiento de aguas residuales, la desalación y el abastecimiento de agua. A nivel local, el uso de energía para el tratamiento de aguas residuales puede representar una partida importante de las facturas energéticas de los municipios, pero las aguas residuales en sí mismas incorporan importantes cantidades de energía que no se utilizan.

Unos primeros esfuerzos realizados por algunos municipios en la Unión Europea y Estados Unidos han mostrado que mejorando la eficiencia energética y empleando la energía incorporada pueden hacer que sus procesos sean “energéticamente neutros”, haciendo que las necesidades energéticas sean completamente satisfechas mediante la autoproducción. La recuperación de energía podría significar más del 55% de la electricidad necesaria para el tratamiento de las aguas residuales en los municipios en el año 2040, pero si los políticos y los municipios no prestan una mayor atención a este tema, este riesgo potencial no quedará resuelto. Existe también una gran oportunidad para reducir las pérdidas de agua en la cadena de suministro, y por lo tanto también un ahorro energético. Si todos los países fuesen capaces de reducir sus pérdidas de agua hasta los niveles de los países que tienen mejores prácticas en este tema, se podría ahorrar una cantidad de electricidad similar a la que se consume actualmente en Polonia.

4. El agua y las centrales nucleares

Las centrales termoeléctricas utilizan para su funcionamiento el calor procedente de la combustión de materiales fósiles en una caldera, o el producido por la fisión del uranio en un reactor nuclear. Esta energía térmica ha de transformarse en energía mecánica, el giro de una turbina de vapor, que acciona a su vez un alternador, convirtiendo la energía mecánica en electricidad.

En estas centrales, el fluido de trabajo, el agua, circula en circuito cerrado desde la caldera en las centrales fósiles o el reactor en las nucleares (foco caliente), donde se convierte en vapor a alta presión y temperatura, hasta la turbina, haciéndola girar y perdiendo para ello parte de su energía térmica. El vapor de escape de la turbina, a baja presión, se condensa en un cambiador de calor denominado condensador por cuyos tubos circula agua de refrigeración (foco frío) procedente del mar, de embalses o ríos. El condensado se bombea después a la caldera o al reactor, donde se cierra el circuito. La evolución del agua en este sistema sigue las leyes de la termodinámica, que imponen una considerable pérdida de energía térmica al generar energía mecánica. El agua de este circuito de trabajo no está en ningún momento en contacto con el combustible fósil o nuclear, ni con el agua de refrigeración del condensador.

Es decir, cuando se menciona el agua en una central térmica se está hablando de dos circuitos:

- Un circuito cerrado de agua natural de pureza controlada, que sigue la evolución del ciclo termodinámico agua-vapor, para transformar parte de la energía térmica que recibe del combustible en energía mecánica en la turbina, cediendo el resto en el condensador al segundo circuito.
- Un segundo circuito de refrigeración para condensar el vapor de escape. Este circuito, que es abierto, utiliza agua procedente del mar o de cursos fluviales, que se devuelve a su procedencia ligeramente más caliente.

De forma particular, en las **centrales nucleares** la utilización del agua no difiere conceptualmente de las centrales térmicas clásicas. Los elementos combustibles que constituyen su núcleo ceden su calor, directa o indirectamente, al circuito cerrado agua/vapor. En los reactores de agua en ebullición el agua se vaporiza directamente en la misma vasija del reactor; el vapor a alta presión va después a la turbina; el vapor de escape, a baja presión, se condensa en el condensador y el agua condensada regresa a la vasija como agua de alimentación, todo ello en circuito cerrado. En los

reactores de agua a presión se utiliza, además, un circuito cerrado de agua (llamado primario) que no se convierte en vapor y que circula por el exterior de los elementos combustibles, trasladando el calor recibido a un generador de vapor en donde lo entrega al circuito cerrado agua/vapor (llamado secundario).

En ambos casos, la condensación del vapor de escape de la turbina corre a cargo del agua de refrigeración exterior (foco frío), que circula por los tubos del condensador y por tanto no está en contacto con ningún material ni fluido que haya pasado por el reactor. La necesidad de agua de refrigeración exterior está determinada por la energía térmica perdida en el ciclo agua-vapor que, según las leyes termodinámicas, va desde 1,25 a 2 kWh térmicos por cada kWh eléctrico generado, según haya o no sobrecalentamiento del vapor y según la temperatura del foco frío. La cifra más alta corresponde a las centrales nucleares de agua ligera, que utilizan vapor saturado, no sobrecalentado, a causa de la limitación de temperatura del foco caliente impuesta por la presión máxima de la vasija.

Una central nuclear de agua ligera de 1.000 MWe entrega constantemente al agua de refrigeración exterior unos 2.000 MWt, aumentando su temperatura ligeramente. Otros reactores avanzados, refrigerados por gas o por metales líquidos, pueden utilizar ciclos de agua-vapor de más alta temperatura y mayor rendimiento, parecidos a los de las centrales térmicas clásicas, perdiendo unos 1.250 MWt por cada 1.000 MWe.

En el circuito abierto, el agua de refrigeración de los condensadores se toma del mar y se devuelve a él lo suficientemente lejos de la toma para que el calor que transporta no influya en la temperatura de la toma. Si el agua procede de un río, lago o embalse próximos, se toma aguas arriba de la central y se vierte aguas abajo, es decir, se devuelve enteramente al medio del que se tomó. Este esquema, válido para las localizaciones costeras o ríos muy caudalosos, se conoce como circuito abierto de refrigeración, y con él no existe prácticamente consumo de agua.

Los aproximadamente 2.000 MWt perdidos en el ciclo equivalen a 480 millones de calorías por segundo (Mcal/s). 1 caloría calienta 1 gramo de agua 1 grado centígrado, luego 1 Mcal calienta 1Mg (es decir, 1 tonelada o 1 m³ de agua) 1 grado centígrado. Por consiguiente las 480 Mcal/s calientan un caudal de Q m³/s una temperatura Δt grados, siempre que $Q \times \Delta t = 480$.

En el caso de localización costera no hay problema de refrigeración, pues no hay limitación en el caudal disponible que se toma del mar. Hay que alejar, sin embargo, el

punto de descarga de agua caliente del punto de toma para asegurar su dilución sin alterar localmente las condiciones ambientales del mar.

El problema puede surgir en localizaciones en el interior, cerca de cursos de agua, donde las autoridades hidrográficas pueden establecer, y establecen, limitaciones tanto en los caudales de agua que se pueden captar como en los aumentos máximos admitidos en su temperatura aguas abajo de la central (no más de 3 °C de aumento de temperatura y capacidades máximas en función del caudal del río). Es fácil calcular que una captación de unos 40 m³/s, normal en una central de 1.000 MW, calentándose 12 °C y mezclándose después con 120 m³/s no captados dan aguas abajo del río 160 m³/s de agua con un aumento de temperatura de 3 °C. No hay consumo de agua, pero sí utilización necesaria.

En el ciclo cerrado, si no se dispone de ningún curso de agua abundante cerca de la central, se puede utilizar un embalse artificial que sirva para refrigerar el agua por evaporación natural antes de devolverla al río a la temperatura adecuada.

Más frecuentemente se utilizan torres de refrigeración que mantienen la temperatura del agua a bajos niveles. El agua de refrigeración que sale caliente del condensador se lleva a la parte superior de las torres de refrigeración, donde cae en forma de lluvia y se evapora en parte en contacto con el aire ascendente que entra por la base. El resto del agua, que ha aportado el calor de evaporación, se recircula después al condensador. Este esquema se conoce como circuito cerrado de refrigeración. En este caso, la cantidad de agua tomada del medio acuático es mucho menor, ya que solo se requiere la necesaria para reponer el agua evaporada en las torres de refrigeración.

Cada central nuclear tiene una concesión de consumo de agua. Por ejemplo, una central nuclear tipo de 1.000 MW utiliza entre 15 y 20 hm³/año. De esta cantidad se devuelve al medio alrededor del 95%. En todos los casos la devolución del agua al mar, río o embalse, se vigila de acuerdo con la normativa vigente y después de pasar a través de un sistema de enfriamiento, para que no haya un cambio térmico brusco en el ecosistema. Esta agua sólo interviene en el circuito de refrigeración, por lo que nunca puede contaminarse.

5. Agua y energía: perspectivas de futuro

El agua no debe ser un factor limitante para el sector de la energía y un incremento en la demanda de agua no tiene que estar acompañada por un incremento similar en la demanda de energía. Ya existen políticas y tecnologías que pueden ayudar a reducir

la demanda hídrica y energética y aliviar los cuellos de botella potenciales en el nexo agua-energía. Una toma de decisiones exitosa requiere de un mejor entendimiento de dónde estriban las dificultades actuales y futuras, de una mayor innovación y de la determinación de los reguladores y la industria para desarrollarlo y de los consumidores para adaptarse. Las cuestiones principales que han de abordarse son las siguientes:

- Integración de las políticas energética e hídrica: Incluir en la planificación las necesidades energéticas de las fuentes de agua (las existentes y las nuevas) y los requisitos hídricos para las diferentes tecnologías energéticas y las políticas adecuadas para garantizar no solamente la viabilidad de los proyectos sino también que el desarrollo de uno de los sectores no tiene consecuencias indeseadas en el otro. Un primer paso es la identificación de las diferencias en la información y de la forma en que se resuelvan. Una información fiable, actualizada y completa es esencial para poder modelizar, predecir y gestionar las fuentes y tomar decisiones informadas. Conocer cuánta agua y energía se utilizan en cada sector es clave para establecer unas líneas de partida que sirvan para cuantificar los costes y los beneficios de los potenciales cambios.
- Utilización conjunta de infraestructuras: Las empresas del sector del agua asumen a menudo que dispondrán de la energía que necesitan, a la vez que las empresas energéticas asumen de la misma forma que dispondrán del agua que necesiten. Una forma de mejorar esta situación es, donde sea posible, la utilización conjunta de las infraestructuras. La integración de compañías de ambos sectores permiten utilizar las líneas de residuos de unas por las otras, reduciendo los subproductos, minimizando los costes de transporte y disminuyendo las necesidades de agua y energía. Otros beneficios potenciales incluyen el uso del tratamiento y el almacenamiento del agua como un medio de almacenamiento de energía y la utilización del sector de las aguas residuales como respuesta a la demanda en el sector energético.
- Utilización de la energía contenida en las aguas residuales: las aguas residuales contienen una cantidad significativa de energía y su uso tiene el potencial de proporcionar más del 55% de la energía necesaria para el tratamiento de las aguas residuales en el horizonte del año 2040. El mayor uso del biogás también puede ayudar a gestionar la variabilidad de las fuentes de energía renovables. Mientras exista un potencial significativo para recuperar la energía contenida y para utilizarla con otros residuos mediante co-fermentación, un uso mejor de las tecnologías

residuos-a-energía necesitarán de un marco regulador adecuado y de incentivos fiscales, al menos en las etapas iniciales.

- Utilización de fuentes alternativas de agua para la producción de energía: la disponibilidad de agua limpia continuará siendo un importante criterio para la viabilidad de los proyectos energéticos. Una forma de minimizar el impacto de esta demanda de agua limpia es la cada vez mayor utilización de fuentes de agua alternativas. El agua producida de las explotaciones de petróleo y gas puede tratarse *in-situ* y reutilizada en las operaciones de producción o ser utilizada para los circuitos de refrigeración de plantas eléctricas cercanas. En el sector eléctrico, el uso de aguas residuales municipales, aguas salobres o marinas o aguas de mina pueden ayudar a solventar interrupciones del suministro debido a sequías o a estacionalidad en las precipitaciones. Se necesitará un tratamiento adecuado del agua de dichas fuentes para reducir la corrosión y las incrustaciones en tuberías y equipos. Adicionalmente habrá que tenerse en cuenta las cantidades de energía adicionales para la purificación del agua hasta los niveles requeridos, así como la ubicación de las fuentes alternativas, ya que los ahorros producidos podrían compensar la energía utilizada en el bombeo.

- Políticas de ahorro y eficiencia energética e hídrica: Existen diferentes mecanismos para el ahorro y la eficiencia de los recursos, tales como las auditorías y las comparativas para la identificación de problemas y las vías para resolverlos. Las administraciones deberían modificar los estándares por los que las compañías del sector del agua y de las aguas residuales han de considerar los objetivos de eficiencia en consonancia con los requisitos sanitarios, medioambientales y de calidad. Se pueden implementar otros criterios de eficiencia en el sector energético, con la incorporación de sistemas de refrigeración avanzados en las centrales eléctricas, la adopción de procedimientos de fracturación hidráulica menos intensivos en agua para la explotación de los hidrocarburos no convencionales, la mejora de los procesos de irrigación para la producción de biocombustibles y el desarrollo de biocombustibles avanzados que necesiten de una menor cantidad de agua.