

EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA SOLUCIÓN SOSTENIBLE AGUA-ENERGÍA

Julián Blanco

Plataforma Solar de Almería. Apdo. 22, 04200 Tabernas, Almería, España
julian.blanco@psa.es

Resumen

En el contexto de la crisis energética que se nos avecina es evidente que los problemas de agua se van a agravar sustancialmente. Recíprocamente, debido a la estrecha relación entre el agua y la energía, los problemas del agua también van a contribuir a aumentar las consecuencias de los problemas energéticos. Por las mismas razones, al igual que parece evidente que difícilmente se pueda alcanzar un entorno energéticamente sostenible sin una contribución sustancial de las energías renovables, tampoco parece existir una solución sostenible al futuro del agua sin la introducción de dichas energías renovables: 85 TW técnicamente factibles (de los cuales 60 TW corresponden a la energía solar), frente al consumo energético global de la humanidad de 15,18 TW, en el año 2005. En el caso de la energía solar, además, se da la coincidencia, en casi todo el mundo, de que allí donde existe escasez y problemas de agua se tienen también unos altos niveles de radiación, por lo la conclusión evidente es que tiene todo el sentido apoyar el desarrollo las tecnologías adecuadas que permitan utilizar todas las energías renovables existentes para, de forma simultánea, ayudar a la solución tanto de los problemas energéticos como de los del agua.

1. Introducción

Todas las instituciones internacionales relevantes reconocen que las problemáticas del agua y de la energía serán dos de los temas más importantes que la humanidad tendrá que afrontar en la primera mitad del siglo 21. Durante las próximas décadas el actual predominio del petróleo en el contexto energético llegará a su límite sin estar hoy claro qué fuente de energía lo substituirá. En paralelo, la escasez del agua es ya un problema global muy serio que, según todos los indicadores, se agravará significativamente debido, entre otros factores, al crecimiento poblacional. Entre todos los problemas ambientales actuales, aquellos relacionados con la energía y el agua son probablemente los más difíciles de tratar desde el punto de vista científico y tecnológico y, a su vez, con muy graves consecuencias asociadas a medio y largo plazo. En particular, la escasez creciente de agua potable, agravada por el agotamiento de los recursos subterráneos y la contaminación de los superficiales, está presionando cada vez más en muchas áreas del planeta, causando preocupación incluso en los países que, hasta ahora, ni siquiera consideraban estos problemas. El principal causante de esta situación es el hombre y la dinámica que tiene su crecimiento poblacional. Basta con considerar la siguiente tabla para darnos cuenta de la velocidad que esta tiene en la actualidad:

Tabla 1: Evolución del crecimiento de la población humana en el planeta

Año (DC)	Población (millones de personas)	Lapso de tiempo transcurrido (años)
600	500	---
1800	1.000	+ 1200
1930	2.000	+ 130
1976	4.000	+ 46
1999	6.000	+ 23

La dinámica actual de crecimiento poblacional es la mayor en toda nuestra historia. Actualmente somos ya casi 6.700 millones de personas en el planeta con incrementos netos de población diarios, semanales y mensuales de más de 200.000, 1.500.000 y 6.500.000 personas, respectivamente. El crecimiento neto actual (nacimientos menos defunciones) es de 2,4452 personas por segundo y el principal problema que esto representa es su repercusión sobre los limitados y finitos recursos del planeta y que se traduce en problemas como el agotamiento de recursos energéticos, escasez creciente de agua, cambio climático y un largo etcétera. Presión que ya comienza a exceder las posibilidades de sostenibilidad del planeta y que produciría una situación insostenible si todos los habitantes actuales pudiesen acceder a unos niveles de consumo similares al de los países considerados como desarrollados. Estos problemas, claramente, marcarán la evolución de la humanidad en los próximos años.

2. Problemática de la energía

En el año 2005 la humanidad consumió 11.435 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) del total del suministro primario de energía [1], estimándose un crecimiento de 0.7% en la producción petrolífera hasta 2030 y con un declive posterior [2], asumiéndose que la era del petróleo como factor energético dominante de nuestra sociedad habrá terminado a medio plazo. El motivo principal para ello es el hecho de que la mitad de los recursos de petróleo convencionales disponibles en el globo han sido consumidos ya por la humanidad y el restante será consumido en los 40 años siguientes. Efectivamente, las últimas estimaciones de los organismos más reputados en la materia indican que las reservas mundiales (convencionales) probadas de crudo son (en miles de millones de barriles): 1.210 [3, 4], 1.317 [5] y 1.120 [6]

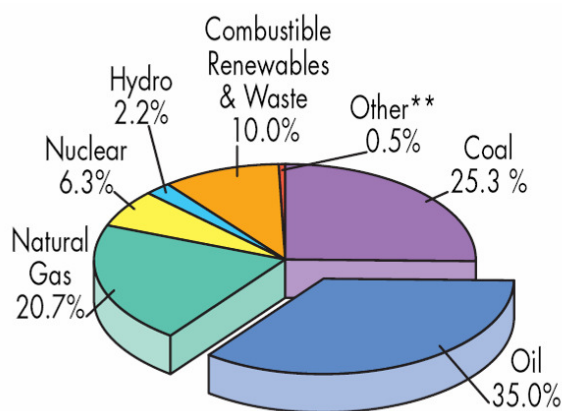


Figura 1. Desglose porcentual del consumo total de energía primaria en el mundo en el año 2005. El consumo total fue de 11.435 Mtep, equivalente a 132.000 TWh [1]

Si consideramos una cantidad media de 1.200 miles de millones (1,2 billones) de barriles y considerando el consumo actual (mundial) de casi 88 millones de barriles de petróleo diarios (cifra en continuo aumento), lo que suponen cerca de 32.000 millones barriles anuales [1], el periodo que se obtiene para su agotamiento es claramente inferior a los 40 años. Si además, y como se ha comentado, se considera que la demanda va en continuo aumento y que el incremento de dichas reservas demostradas va en continuo descenso desde los años 60 del siglo anterior, la cifra real que se debe considerar para dicho agotamiento efectivo es claramente inferior a los 40 años indicados.

Es cierto que existen otros (y muy abundantes) recursos fósiles en el planeta (figura 2), que multiplican casi por 3 la totalidad del petróleo convencional conocido (pocas más de unos 2 billones de barriles de petróleo de los que ya hemos quemado la mitad de ellos). En esta Fig. 2 la Agencia Internacional de la Energía estimaba, cuando el petróleo se encontraba (no hace

mucho) el la franja de los 20 dólares el barril, que muchos de estos otros recursos serían económicamente explotables cuando en crudo alcanzase los 60-70 dólares. Como se ha demostrado, esto no ha sido así, dado que este análisis nunca puede realizarse en términos económicos relativos sino en términos energéticos relativos: si extraer petróleo de profundidades marinas superiores a los 4500 metros (como ejemplo) supone “n” veces la energía que cuesta extraerlo en Arabia Saudita, ese factor de “n” es el que debe de multiplicar el coste que, en ese momento, tenga la unidad de energía del petróleo Saudita.

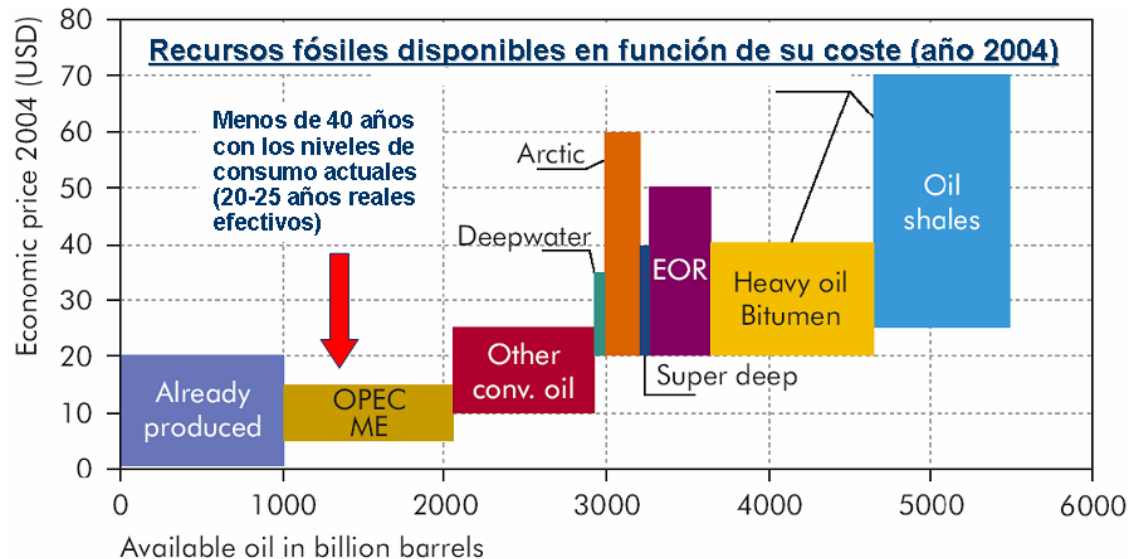


Figura 2. Estimación, realizada en el año 2004, de la Agencia Internacional de la Energía de los recursos fósiles disponibles, en miles de millones de barriles de petróleo, en el planeta en función de su coste económico [7]

Las fuentes de energía primaria alternativas posibles son también muy problemáticas: la energía nuclear además de la fuerte protesta popular en muchas partes del mundo, también tiene el problema de las reservas limitadas de uranio fisionable (a largo plazo), considerando la actual tecnología de segunda o tercera generación, y la preocupación por la seguridad que pudiera haber en determinados países (fabricación potencial de armas). El carbón, única fuente energética realmente abundante en la actualidad en el planeta, tiene el problema de unas emisiones muy altas asociadas de CO₂ y su repercusión bien conocida sobre el cambio climático [8].

3. Problemática del agua

Si la perspectiva de la energía es preocupante, mucho peor aún es la problemática relacionada con la escasez de agua. El agua es un elemento esencial para la vida y, aunque su existencia es muy abundante en el planeta, con un total de reservas en la hidrosfera es de 1.386 millones de km³, sólo 35,2 millones (el 2,5%) corresponden a agua potable y, a su vez, una mínima parte de esta cantidad (0,11 millones de km³, que suponen el 0,008% del total) está disponible para su uso por parte del hombre [9]. Dada la muy irregular distribución de esta agua en el planeta y el crecimiento poblacional, los recursos renovables se están rápidamente agotando en muchas partes del planeta dado que toda el agua superficial está siendo ya prácticamente usada en la mayoría de zonas del globo y la sobre-explotación de los acuíferos claramente se incrementará (figura 3).

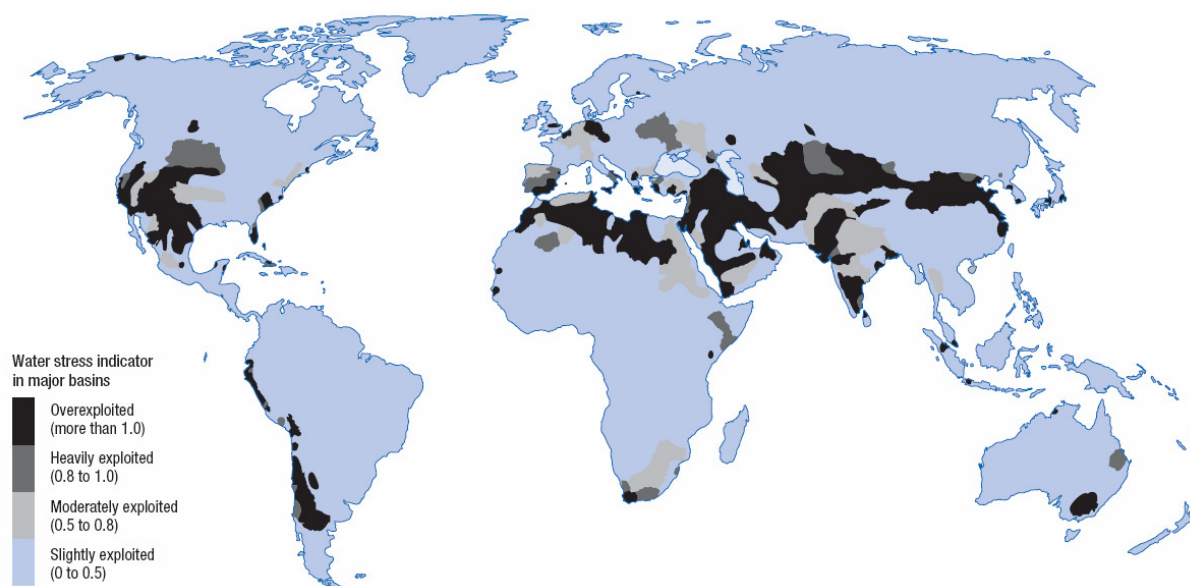


Figura 3. Sobre-explotación de agua en el mundo, en el año 2006 [10]

Hoy día, con más de 6.600 millones de habitantes, cerca de 600 millones de personas están sufriendo escasez crónica de agua, y más de 1000 millones no tienen acceso al agua potable segura, constituyendo el agua contaminada (el agua es el principal vector de transmisión de enfermedades infecciosas) y los saneamientos deficientes o inexistentes la causa del 80 por ciento de todas las enfermedades en el mundo. Las aguas subterráneas abastecen a la tercera parte de la población mundial y están bajando los niveles freáticos y de los pozos, en algunos casos, de 1 a 3 metros por año, debido a la sobre-explotación indicada de las aguas subterráneas [10]. Si la tendencia actual continua, dos de cada tres personas en el planeta vivirán en zonas con escasez de agua para el año 2025 [11], con un impacto mucho más agudo en los países áridos y en vías de desarrollo donde la disponibilidad media de agua por persona será solo del 15% frente a la disponible en el año 1950 [10]. Como consecuencia de todo ello, el suministro y provisión de agua para una población cada vez más numerosa es uno de los mayores retos que la humanidad va a tener necesariamente que afrontar en las próximas décadas [12].

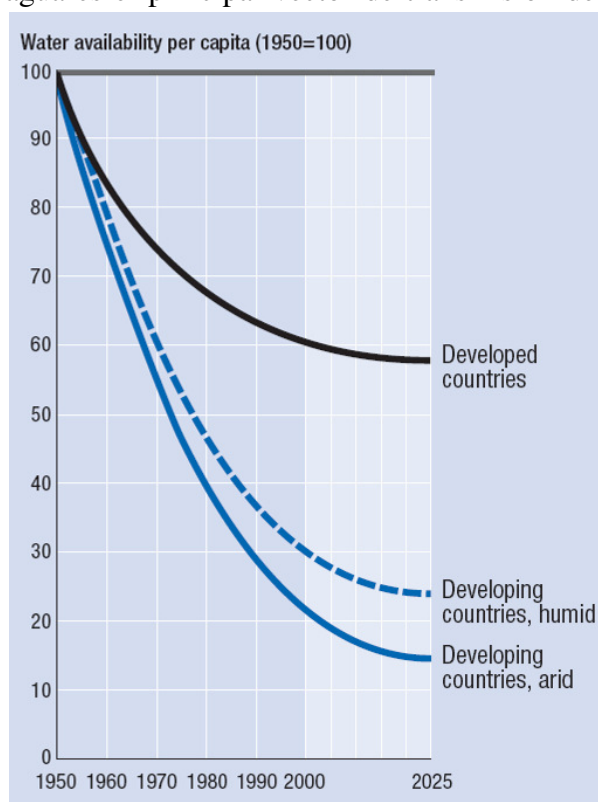


Figura 4. Disponibilidad de agua per capita tomando el año 1950 como referencia [10]

4. Cambio climático

Todo ello con importantes problemáticas adicionales y derivadas como el calentamiento global; sobre este tema, un reciente informe de la Agencia Internacional de la Energía

establece que la concentración de CO₂ en la atmósfera puede oscilar, en el año 2030 y en los escenarios más probables (si no hay ninguna acción drástica coordinada internacionalmente que lo evite), entre 850 y 1130 ppm como consecuencia, entre otros, de la utilización masiva de carbón por parte de economías emergentes como pueden ser China e India [**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**], con incrementos del 75% en su consumo como única alternativa posible para cubrir sus necesidades de energía. Teniendo en cuenta que, durante los últimos 450.000 años, dicho nivel no sobrepasó nunca las 300 ppm (hasta el pasado Siglo XX), y la estrecha relación de dicha concentración de CO₂ con la temperatura del planeta, las implicaciones potenciales suponen otro serio problema ya que con los incrementos anteriormente considerados la temperatura global puede subir entre 4,9 y 6,1 °C, con consecuencias potenciales absolutamente catastróficas.

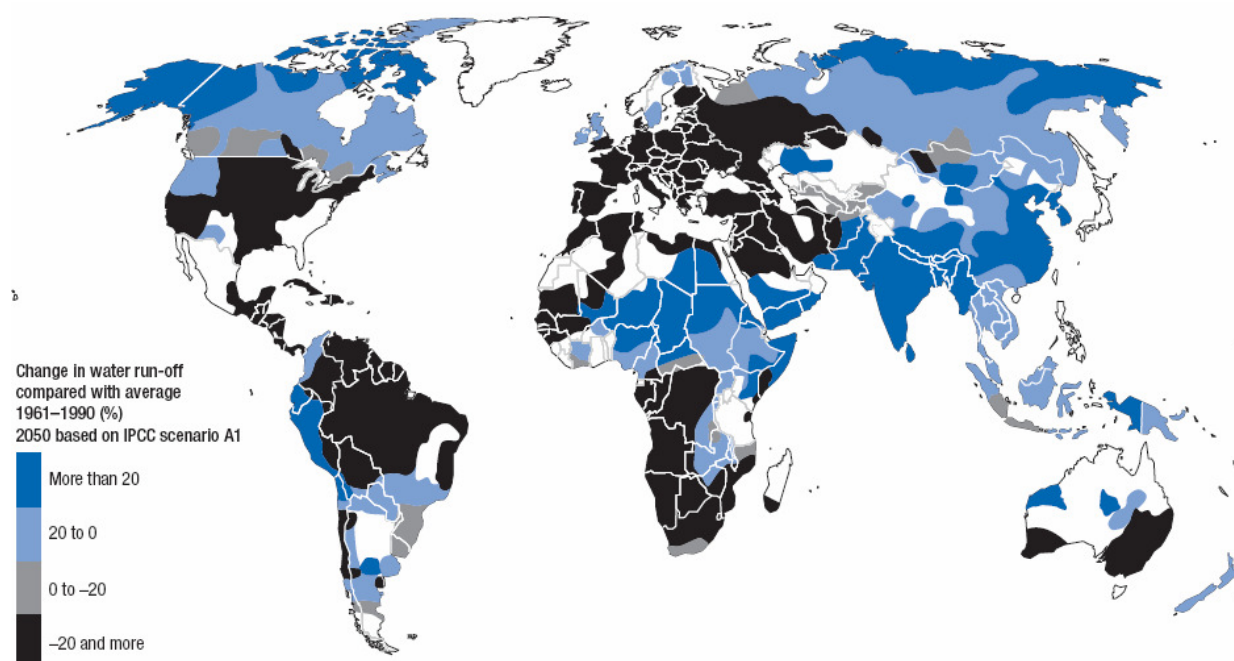


Figura 5. Cambios esperados en agua superficial disponible para el año 2050 con respecto a los valores medios del periodo 1961-1990 y basado en el escenario A1 del IPCC [13]

Una de las consecuencias más claras e inmediatas de todo ello es la reducción del agua superficial disponible en muchas regiones del planeta, resultando especialmente afectadas la mayoría de las que ya tienen importantes problemas de falta de agua (Fig. 5).

5. Energías renovables

En el contexto de la crisis energética que se avecina se espera que los problemas de agua se agraven sustancialmente. Y viceversa, debido a la estrecha relación entre el agua y la energía, es de esperar también que los problemas del agua contribuyan a aumentar los problemas energéticos y agravar sus consecuencias. Además de todo esto, las consideraciones medioambientales tales como el calentamiento global seguramente añadirán una presión importante a todos estos temas. Las consecuencias de este análisis son muy serias ya que el problema del agua no se puede tratar eficazmente sin considerar las implicaciones energéticas y el aumento esperado de la población: en pocas décadas se necesitará gran cantidad adicional de agua que no solo no está disponible a partir de las fuentes renovables existentes sino que la energía para producirla no es fácil de conseguir.

Por lo tanto, se puede concluir que no hay ninguna solución sostenible al futuro del agua y la energía sin una sustancial participación de las energías renovables en general y la energía solar en particular, debido a su alto potencial entre todas las energías renovables existentes [14]. Este potencial se refleja claramente en la Tabla 2, que muestra el potencial teórico, técnico y económico de las distintas fuentes renovables, con un potencial actual técnicamente viable de, aproximadamente, 85 TW (1 TW indica la producción continua de energía, durante todo un año, del equivalente de 1000 centrales de 1 GW de potencia nominal cada una de ellas). Comparando el consumo total de energía primaria en 2005, los previamente indicados 11.435 Mtep son equivalentes a 15,18 TW. El consumo energético global estimado para el año 2050 es de 25-30 TW, llegando a 40-50 TW para 2100 [15]. Hasta que llegue la hipotética energía de fusión en un futuro a largo plazo, solo la energía solar tiene potencial para superar claramente esta cifra (60 TW de potencial técnicamente viable estimado [16]).

*Tabla 2: Potencia anual estimada de distintas energías renovables (1 TW = producción de energía continua de 1 TW durante el año = 8.760 TWh) [16][17][18]. Consumo total de energía primaria en 2005 = 15.18 TW [1]. *La disponibilidad de agua puede llegar a ser un factor limitante importante*

	Potencial total bruto teórico	Potencial técnicamente viable	Potencial económicamente viable	Capacidad total instalada (2003)
Biomasa	8 - 14 TW	6 - 8 TW	Sin datos*	1.6 TW
Hidraulica	4.6 TW	1.6 TW	0.8	0.65 TW
Geotérmica	66 TW	11.6 TW	0.6 TW	0.054 TW
Eolica	20 TW	2 TW	0.6 TW	0.006 TW
Solar	600 TW	60 TW	0.15 – 7.3 TW	0.005 TW
Mareomotriz	234 TW	Sin datos	Sin datos	--
TOTAL	1,030 TW (aprox.)	85 TW (aprox.)	7 TW (aprox.)	2.3 TW (aprox.)

Por lo tanto, si la energía solar tiene el potencial más alto entre todas las energías renovables de que disponemos y se da la coincidencia, en casi todo el mundo, que allí donde existe escasez y problemas de agua se tienen también unos altos niveles de radiación solar, la conclusión que parece evidente es que tiene todo el sentido el desarrollo las tecnologías adecuadas que permitan utilizar energía solar para, de forma simultánea, ayudar a la solución de los problemas energéticos y del agua.

Las previsiones de demanda de agua desalada en el año 2020 son del orden de 51.100 millones de m³ (140 millones de m³/día) y, mediante la aplicación del sistema de ósmosis inversa, se puede actualmente desalar agua de mar con consumos eléctricos totales del orden de 3,5 kWh por cada metro cúbico, una cantidad mucho menor que hace unos años, pero todavía demasiado alta en términos de contaminación y en emisiones de CO₂ para un uso masivo de esta tecnología si la electricidad procede de plantas de combustión convencionales. La llave para solucionar este problema, y por tanto buena parte también del de la escasez de agua, puede estar en las energías renovables (solar y eólica en particular), como opciones más atractivas dado que, además, es de esperar una tendencia a la convergencia en los costes de producción de agua a partir de los diferentes recursos posibles existentes (Fig. 6).

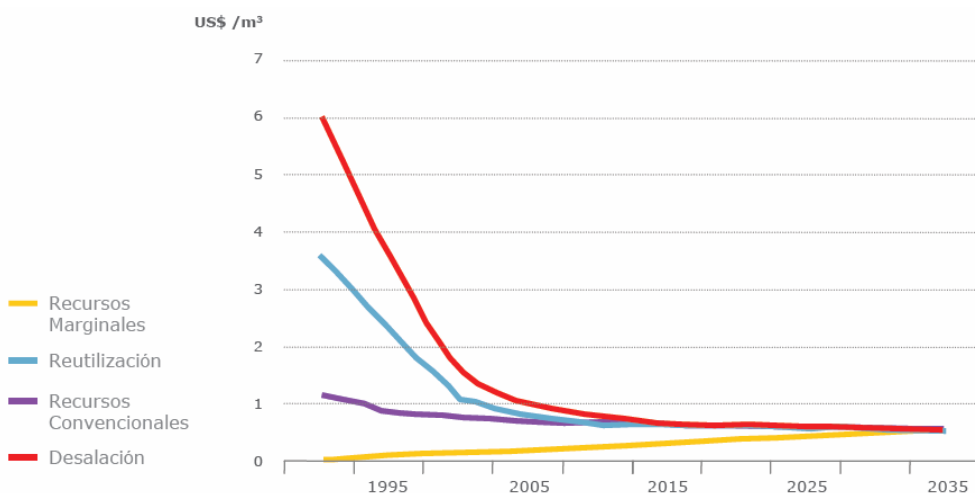


Figura 6. Estimación de la evolución del coste del agua según su origen [19]

5.1 Tecnologías de desalación solar

Los desarrollos que el CIEMAT está llevando a cabo en las instalaciones de la Plataforma de solar Almería en el campo de sistemas y procesos de desalación solar, tienen dos enfoques diferentes: pequeños y medianos sistemas independientes de desalación mediante energía solar térmica (rango de kW) y la incorporación de tecnologías de desalación en centrales solares de potencia (rango de MW). En el primer caso la mejor opción son los sistemas solares de desalinización indirectos que consisten en conectar una planta de convencional, con algunas adaptaciones según la tecnología considerada, a un campo solar que proporcione la energía primaria necesaria para el proceso. En el caso del uso de energía solar térmica, los métodos que se plantean son los de destilación, bien mediante la evaporación súbita multietapa (MSF) o la destilación multi-efecto (MED), resultando esta última tecnología energética y económicamente ventajosa [20]. Recientemente, el proyecto denominando “Desalinización Solar de Agua de Mar con Descarga Cero utilizando Tecnología Híbrida Solar” (AQUASOL) se llevó a cabo en las instalaciones de la Plataforma Solar de Almería, con el principal objetivo de desarrollar una tecnología de desalinización solar con reducción de costes y mejora del rendimiento energético basada en la tecnología de los procesos MED (Fig. 7).

El proyecto AQUASOL fue la continuación de una amplia labor investigadora de desalación solar previamente llevada a cabo en la Plataforma Solar de Almería y ampliamente descrita en artículos anteriores [21]. El proyecto se centró en el desarrollo de aspectos tecnológicos específicos que se mejoraron significativamente el rendimiento tecno-económico de los sistemas solares MED existentes hasta entonces y, por lo tanto, reducir el coste de producción del agua. Los principales subsistemas de la instalación AQUASOL son los siguientes:

- Una planta de destilación multi-efecto (14 efectos, 3 m³/h prod. nominal de destilado)
- Un campo de 500 m² de captadores solares CPC (Concentrador Parabólico Compuesto)
- Un sistema de almacenamiento térmico basado en agua (2 tanques 12 m³ cada uno)
- Una bomba (LiBr-H₂O) de absorción de calor de doble efecto (DEAHP) para la recuperación de la energía procedente del último efecto MED (permitiendo un aumento muy importante en el rendimiento global del proceso)
- Una caldera de gas alimentada por un tanque de propano
- Un secadero solar avanzado para el tratamiento final de la salmuera para la producción de sal (sistema no instalado en la PSA).

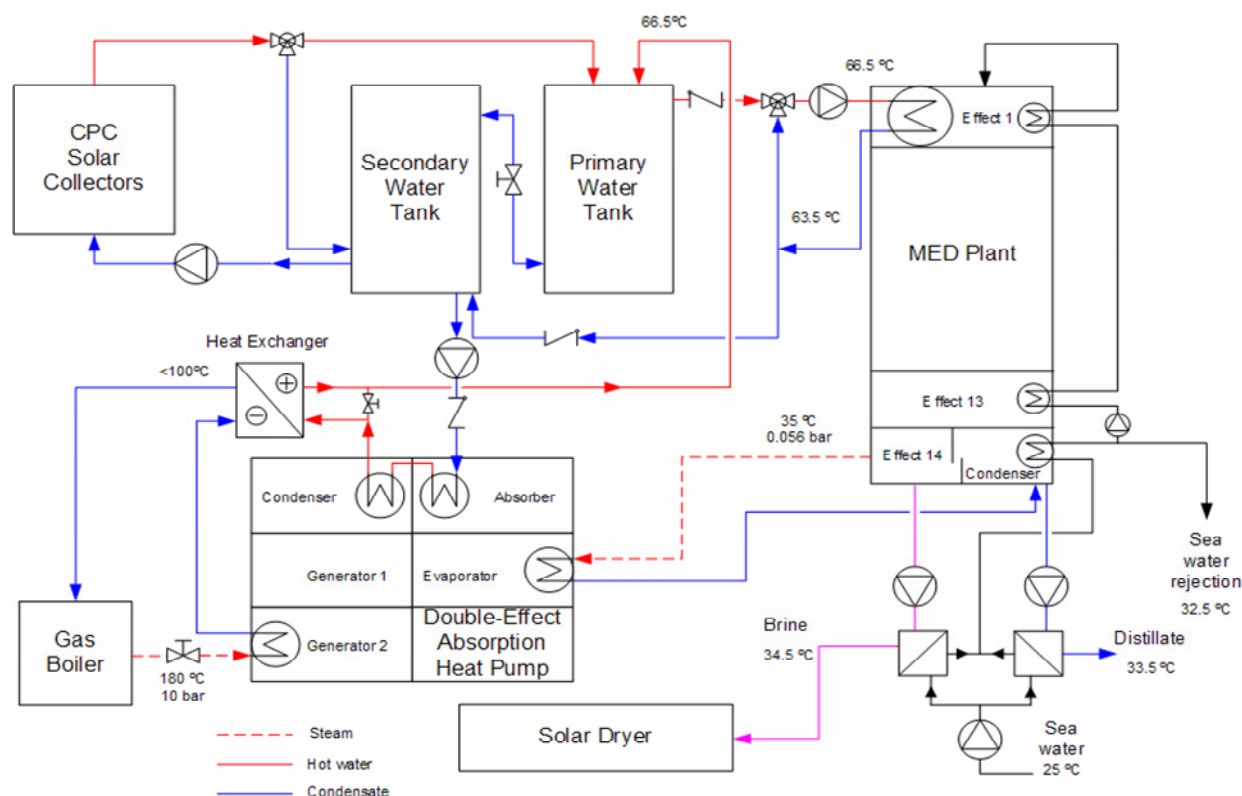


Figura 7. Diseño conceptual y principales subsistemas de la planta AQUASOL

La Fig. 7 muestra la configuración y la interconexión de estos subsistemas principales. El sistema global se diseñó para hacer posible la operación en tres modos diferentes, dependiendo de donde recibe la energía la unidad desalinizadora [22]:

- Modo sólo Solar: la energía al primer efecto de la planta MED viene exclusivamente de la energía térmica procedente del campo de captadores solares.
- Modo sólo Fósil: la bomba de absorción de calor de doble efecto (DEAHP) aporta todo el calor necesario a la planta de destilación, siendo esta externamente alimentada por el propano a través de la caldera de gas.
- Modo Híbrido: la energía primaria necesaria es aportada simultáneamente por la bomba de calor y el campo solar.

Otras opciones tecnológicas interesantes de desalinización solar térmica, actualmente en desarrollo en la PSA, son las de Destilación por Membrana (*air-gap membrane distillation*) [23] y el acoplamiento de Ciclos Rankine Orgánicos a la tecnología de desalinización hoy día claramente dominante de Ósmosis Inversa [24]. Dos proyectos actualmente en desarrollo permitirán la existencia, a corto plazo, en la PSA de dos nuevas instalaciones experimentales basadas en estas tecnologías.

Tecnologías de desalación mediante energía eólica

Al finalizar 2004 la potencia eólica instalada en el conjunto del planeta se situaba aproximadamente en 47.200 MW, con 7.700 MW nuevos instalados durante ese año y confirmando el proceso de globalización de la energía eólica. Si bien la Unión Europea (UE) representa aún el 72% de toda la potencia instalada en el mundo, lo cierto es que el aprovechamiento energético del viento ha dejado de ser cuestión de un único continente:

mientras que en 2003 fueron diez los países que construyeron parques eólicos por encima de los 100 MW, en 2004 esta lista aumentaba a 19, de los cuales 9 eran no europeos. Del mismo modo, el continente asiático poseía ya el 10% de la potencia eólica instalada. En lo que respecta al ranking mundial, los cinco países del mundo con más potencia eólica acumulada a finales de 2004 eran: Alemania (16.630 MW), España (8.155), EE. UU. (6.750), Dinamarca (3.120) e India (3.000). El objetivo actual de España es llegar a los 21.000 MW a finales de 2012.

Desde el punto de vista económico, la desalación por ósmosis inversa utilizando energía eólica es, actualmente, la integración de procesos más viable. Sin embargo, si funciona aislada de la red, la planta de desalación no utilizará más del 25% de la capacidad, debido a la inestabilidad de los recursos eólicos y, por consiguiente, la amortización de la inversión con menor producción elevaría el coste del agua desalada. Por el contrario, si la planta de desalación se conecta a la red eléctrica cuando no haya potencia eólica suficiente, el coste del agua desalada resultaría competitivo con el obtenido de utilizar exclusivamente electricidad convencional de la red, y tiene la ventaja de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.



Figura 7. Instalación Eólica (225 kW) / Diesel (160 kW) acoplada a planta de ósmosis inversa (52 m³/día) en Fuerteventura

Aunque las desalinizadoras deben estar junto a la costa y cerca de los puntos de consumo para ser viables económicamente, en el caso de España, las zonas donde podría plantearse la desalación con energía eólica no suelen tener un elevado potencial eólico, excepto en el litoral canario y sur peninsular. Además, está la cuestión son los requisitos del suministro eléctrico para una desalinizadora por ósmosis inversa, pues estas instalaciones requieren mucha energía y que ésta sea constante, para hacer pasar el agua de mar a alta presión (unas 70 atmósferas) por las membranas que “filtran” el líquido. Aunque la constancia no sea una de las virtudes de la energía eólica, ya existen varios proyectos que logran unir de forma satisfactoria estas dos tecnologías. Unos combinan la energía eólica con los combustibles fósiles de forma que se vayan alternando según haya o no viento; otros proponen utilizar los aerogeneradores para bombear agua y almacenarla en altura, de manera que luego pueda aprovecharse en un salto hidráulico para generar electricidad de forma constante, como en la proyectada central hidroeólica de la isla de El Hierro; por último, también se ha planteado desalar el agua directamente en instalaciones mar adentro, con aerogeneradores que bombeen agua de mar a presión. Este sistema resolvería además la cuestión del impacto ambiental causado en las costas por el vertido hipersalino (salmuera) generado en la desalación.

5. Desarrollo sostenible. Conclusiones

El siglo 20 trajo un desarrollo sin precedentes en la historia de la humanidad, con grandes avances en los campos científicos y técnicos. Sin embargo estos avances no han sido gratuitos ya que, en algunos casos, el precio que se ha tenido que pagar puede claramente ahora considerarse como excesivo. Durante los últimos 100 años, la población mundial se ha multiplicado por 4, pasando de 1.600 a más de 6.000 millones de personas. Como consecuencia, el consumo de agua se ha multiplicado por nueve y el consumo energético por dieciséis, todo ello con una degradación asociada del medioambiente y los recursos naturales muy importante. El agua y la energía, junto con el aire como elemento para respirar, son los tres elementos esenciales de los que depende nuestra vida y civilización. Las problemáticas de ambos recursos están estrechamente relacionadas, ya que el encarecimiento o ausencia de energía agrava tremendamente la problemática de escasez de agua y viceversa. En la actualidad hay un consenso claro en el impacto que la sobre explotación de estos y otros recursos está teniendo en el frágil ecosistema de nuestro planeta, extendiendo hasta el límite (si es que no se ha sobrepasado ya) las posibilidades de sostenibilidad que puede ofrecer el mismo. Por lo tanto resulta imperativo cambiar este desarrollo, que ha sido y es claramente insostenible, por uno que sea sostenible (es decir, que sea capaz de cubrir nuestras necesidades sin poner en peligro las necesidades de las generaciones futuras) y además, respetuoso con el medioambiente. Para romper la situación actual y el círculo vicioso que ello conlleva, se consideran necesarios los tres ingredientes siguientes: a) nuevas ideas que puedan ser aceptadas y adoptadas por la mayoría de las personas; b) tecnologías innovadoras más efectivas y respetuosas con el medioambiente; c) voluntad política y normativas para implementarlas con efectividad.

En todo este complejo entramado de problemáticas globales, el concepto de sostenibilidad surge, más imperiosamente que nunca, como una necesidad a la que necesariamente debemos de acercarnos lo más aceleradamente posible; en caso contrario, las probabilidades de ocurrencia de algún tipo de fenómeno o evento fuertemente perturbador de nuestra sociedad se apuntan como elevadas. En este contexto, la utilización progresivamente generalizada de energías renovables, surge no sólo como necesidad inevitable, sino también como una oportunidad que puede contribuir sustancialmente a la solución de todos los problemas anteriores [25]. Las tecnologías asociadas podrían aportar desarrollo económico, empleo y garantizar suministro eléctrico y agua en muchas zonas soleadas del mundo. Los costes son aún superiores a los de las tecnologías convencionales pero la elevación continuada de los costes de las energías convencionales y las necesidades medioambientales por un lado, y un esfuerzo en investigación, desarrollo y demostración por otro, rápidamente reducirán esta diferencia.

Referencias

- [1] International Energy Agency. (2007). Key World Energy Statistics. Paris, 2007
- [2] International Energy Agency. (2003). Energy to 2050, Scenarios for a sustainable future. ISBN 92-64-01904-9
- [3] BP Statistical Review of World Energy, BP p.l.c. June 2006
- [4] U.S. Crude Oil, Natural Gas, and Natural Gas Liquids Reserves, 2005 Annual Report, DOE/EIA-0216(2005)
- [5] PennWell Corporation, Oil & Gas Journal, Vol. 104.47 (December 18, 2006)
- [6] Gulf Publishing Company, World Oil, Vol. 227, No.9 (September 2006)

- [7] Resources to Reserves - Oil and Gas Technologies for the Energy Markets of the Future (IEA, 2005)
- [8] Petit, J.R.; Jouzel, J. et al. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420.000 years from the Vostok ice core in Antarctica, *Nature* 399 (3June), pp 429-436
- [9] Shiklomanov, I.A., Rodda, J.C., (2003). *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [10] Human Development Report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis (2006). *United Nations Development Programme* (UNDP). ISBN 0-230-50058-7. Palgrave Macmillan, New York.
- [11] Annan, K. (2000). *We The Peoples*. Millennium Report of the Secretary-General, United Nations
- [12] Hunter, P.R., Waite, M. y Ronchi, E., *Drinking Water y Infectious Disease. Establishing the Links*. CRC Press, London, 2003
- [13] Arnell, Nigel W. (2004). Climate Change and Global Water Resources: SRES Emissions and Socio-economic Scenarios. *Global Environmental Change* 14 (1): 31–52.
- [14] Swenson, R. (2005). The production peaks in petroleum and natural gas: information, misinformation, awareness, and implications. *Proceedings of the ISES 2005 Solar World Congress*, August 6-12, 2005, Orlando, FL, USA
- [15] Hoffer et al., *Nature* 395, 883, 1998.
- [16] A. Wokaun. Beyond Kyoto: The risks and how to cope. UN Framework Convention on Climate Change. Bonn, Germany, 16-25 June 2004
- [17] United Nations and World Energy Council. *World Energy Assessment: Energy and the challenge of sustainability*. Communications Development Inc. Eds. Washington, D.C., USA, 2000.
- [18] United Nations and World Energy Council. *World Energy Assessment Overview: 2004 update*. José Goldemberg and Thomas B. Johansson Eds. 2004.
- [19] L. Castilla, 2006. Viabilidad económica y uso sostenible de las nuevas fuentes de agua. CONAMA, 28 de Noviembre, 2006
- [20] Al-Shammiri, M., and Safar, M., 1999, Multi-effect distillation plants: state of the art. *Desalination* 126:45-49
- [21] Zarza E. and Blanco J (1996). Advanced M.E.D. solar desalination plant: seven years of experience at the Plataforma Solar de Almería. *Proceedings of the Mediterranean Conf. on Renewable Energy Sources for Water Production*. EUORED Network. ISBN-960-90557-0-2; pp. 45-49. Santorini (Greece). 10-12 June, 1996
- [22] Alarcón et al. (2005) Design and setup of a hybrid solar seawater desalination system: the AQUASOL Project. *Proceedings of the ISES 2005 Solar World Congress*, August 6-12, 2005, Orlando, FL, USA
- [23] Blanco Gálvez, J.; García-Rodríguez, L.; Martín-Mateos, I. Stand-Alone Seawater Desalination by Innovative Solar-Powered Membrane-Thermal Distillation System: MEDESOL project. Desalination. Submitted.
- [24] L. García-Rodríguez, J. Blanco-Gálvez, 2007. Solar-heated Rankine cycles for water and electricity production: POWERSOL project. *Desalination* 212 (2007), pp. 311–318
- [25] International Energy Agency, (2004). *Renewable in Global Energy Supply*. IEA Publications. Paris (France)