

BINOMIO AGUA ENERGÍA: AGUA PARA LA ENERGÍA

THE WATER-ENERGY BINOMIAL: WATER FOR ENERGY

MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Presentado por:

D^a GISSELA PATRICIA QUIROLA CUEVA

Dirigido por:

Dr. D. ELOY GARCÍA CALVO

Alcalá de Henares, a 27 de mayo de 2019

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi tutor, Dr. D. Eloy García Calvo, por la paciencia y la manera en que supo guiarme para la elaboración de este trabajo de fin de máster.

A mis padres, que gracias a ellos he tenido la oportunidad de cumplir una más de mis metas, salir de mi país y hacer una maestría, he tenido la bendición de contar con su apoyo incondicionalmente siempre, gracias a ellos soy lo que soy ahora.

A Pablo, mi compañero de vida, mi amor, que ha estado en las buenas y en las malas, apoyándome y dándome ánimos cuando lo he necesitado, gracias por una nueva aventura juntos.

A mi grupo de amigas del máster, las “No tan valientes” que gracias a ellas se hizo mucho más llevadero el curso del máster.

Y finalmente pero no menos importante a mi hermana y a mis sobrinos que son mi mayor tesoro, mi alegría y mi fuerza.

ÍNDICE

1.	RESUMEN	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
2.1	JUSTIFICACIÓN	4
2.2	OBJETIVOS	4
2.3	METODOLOGÍA	5
3.	DEMANDA DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	5
4.	ESTRÉS HÍDRICO A NIVEL MUNDIAL	7
5.	UN FUTURO LIMITADO POR EL AGUA	10
6.	VULNERABILIDAD ENERGÉTICA POR LIMITACIONES DE AGUA	14
7.	EL AGUA Y SUS VÍNCULOS ENERGÉTICOS.....	16
7.1	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA	17
7.2	GENERACIÓN ELÉCTRICA	19
7.2.1.	ENERGÍA NUCLEAR:	22
7.2.2.	HIDROELECTRICIDAD:	23
7.2.3.	CENTRALES TÉRMICAS:	26
7.2.4.	OTROS TIPOS DE ENERGÍA:.....	27
7.2.5.	BIOMASA:	28
8.	SOLUCIONES PARA UN FUTURO SOSTENIBLE	29
9.	CONCLUSIONES	34
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Evolución sectorial y regional de las demandas de agua.....	6
Figura N° 2 Estrés hídrico a nivel mundial (por país, 2013).	8
Figura N° 3 Estrés hídrico a nivel global en cuencas hidrográficas 2010 - 2050.9	
Figura N° 4 Evolución del estrés hídrico.....	9
Figura N° 5 Riesgos para el Sector Energético.	11
Figura N° 6 Demanda de Recursos a Nivel Mundial.	12
Figura N° 7 Influencia del Cambio Climático.	13
Figura N° 8 Uso del agua para la producción de energía primaria.....	17
Figura N° 9 Energía hidroeléctrica a nivel mundial.....	24
Figura N° 10 Generación hidráulica en España en el 2016.....	25
Figura N° 11 Soluciones Binomio Agua - Energía.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº 1 Ejemplos de impactos del agua en la producción de energía	15
TABLA Nº 2 Utilización y consumo de agua por unidad de electricidad producida según el tipo de central de producción en España 2007	22
TABLA Nº 3 Potencia instalada en centrales de biomasa en el 2003 en España	29

TABLA DE ABREVIATURAS

Bcm: mil millones de metros cúbicos

BESEL, S.A.: Departamento de Energía

BRIICS: 3 Acrónimo de Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica.

CCGT: turbinas de gas de ciclo combinado

CCS: captura y secuestro de CO₂

CDP: Carbon Disclosure Project

CO₂: Dióxido de Carbono

CSP: Concentración de Energía Solar

EdF: Electricidad de Francia (Électricité de France)

EIA: Energy Information Administration

EPA: Environmental Protection Agency

FAO: Organización para la Alimentación y la Agricultura

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GWh: Gigavatios hora

IGCC: Ciclo Combinado de Gasificación Integrada

IDEA: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

km³: Kilómetro cúbico

l/MWh: litros por megavatio hora

m³: metro cúbico

Mgd: millones gal / día

MWt: Megavatio térmico

NETL: National Energy Technology Laboratory

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

ONU – DAES: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas

PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PRC: República Popular de China

PV: solar fotovoltaica

SHP: Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

UNED: Universidad Nacional de Educación a Distancia

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

WWAP: World Water Assessment Program

1. RESUMEN

El agua y la energía son recursos de vital importancia, estos son los que han garantizado el desarrollo de la humanidad. Son interdependientes; es decir, la energía es necesaria para el suministro de agua, interviniendo en sus sistemas de recolección, transporte, distribución, bombeo, desalación, tratamiento y consumo de agua; y para la mayoría de las fuentes de energía que incluyen la generación de electricidad y producción de energía primaria, el agua es indispensable para sus procesos; entre ellos están la refrigeración de centrales térmicas, riego para biocombustibles, extracción de materias primas, limpieza y funcionamiento de turbinas.

Este último, agua para la energía, que si bien es cierto, es un capítulo muy extenso, es el tema que se analizará de manera general en este trabajo de fin de máster, ya que lo he considerado un tema de gran interés y gran vulnerabilidad a nivel mundial debido a que sus limitaciones y demandas están creciendo cada vez más debido a múltiples factores. Es importante tener en cuenta la cantidad de agua que se requiere y la que se consume para el proceso de generación de energía; cada tecnología es diferente y requiere volúmenes diferentes de agua. Analizaremos que papel desarrolla el agua en los diferentes tipos de energía, su demanda, y finalmente soluciones que garanticen un futuro sostenible para el sector energético.

2. INTRODUCCIÓN

El agua y la energía son dos recursos que se necesitan el uno del otro, los dos son tan importantes tanto para el desarrollo de la vida diaria como para el crecimiento económico y social. El agua es un recurso vital y es una de las fuentes más importantes de generación de energía; “es renovable y de gran capacidad de acumulación, alta flexibilidad, rapidez de respuesta y elevada potencia unitaria”. (Espejo Marín y García Marín, 2010, p.108).

El aumento de la demanda, la explotación, la dificultosa o poca disponibilidad en ciertas zonas, contaminación hídrica y una mala administración y regulación del recurso hídrico, son algunos de los factores que han provocado la disminución y limitación del acceso al agua y por ende afectan directamente la generación de energía. La Fundación del Canal de Isabel II (2015) asegura que “en el mundo hay 760 millones de personas sin acceso al agua segura, son 2.500 millones las que no disponen de sistemas de saneamiento básico, 1.300 millones no tienen electricidad y 2.600 millones las que usan combustibles fósiles para cocinar”; para el 2035 el uso global de energía se aumentará hasta un 35% y el de agua hasta un 85%. (Fundación Canal de Isabel II, 2014, p. 9-10)

En la actualidad existe un incremento de la contaminación ambiental, y como resultado va a haber una disminución en la calidad del agua y una alteración de su ciclo hidrológico restringiendo aún más la disponibilidad del recurso vital. Gian Carlo Delgado Ramos (2014) explica que “la situación ya es compleja y se refleja concretamente en el hecho de que un tercio de la población mundial (casi 2.4 mil millones de personas) vive en regiones con escaso acceso al agua”. (Delgado Ramos, 2014, p.3).

Años atrás la única forma de aprovechamiento del agua para la generación de energía era mediante las corrientes de los ríos que pasaban a través de molinos y ruedas, luego se fueron implementado las turbinas, hasta que en la actualidad casi todas las fuentes de generación de energía requieren agua a excepción de la energía eólica y la energía solar fotovoltaica. Es así que estas fuentes de energía necesitan agua para sus procesos de “extracción de materias primas, refrigeración de plantas térmicas, los procesos de limpieza, producción de biocombustibles y para el funcionamiento de turbinas”.(ONU-DAES, 2014).

El equilibrio entre el crecimiento económico y poblacional, conservación del medio ambiente, la disponibilidad, abastecimiento y el uso adecuado tanto del agua como de la energía, son componentes claves para un desarrollo sostenible, logrando además, asegurar el acceso y disponibilidad de los mismos para las generaciones futuras.

Solo en el 2010 se extrajeron a nivel mundial 583 mil millones de metros cúbicos de agua (bcm) para la producción de energía, correspondiente al 15% aproximadamente de las extracciones de agua totales en el mundo; de esta cantidad, 66 bcm fueron consumidos, es decir que este volumen no fue devuelto a su fuente de origen.(International Energy Agency, 2012. p. 501)

Por ello es importante encontrar soluciones o alternativas para una gestión adecuada de ambos recursos, buscar opciones para una disminución del consumo de agua para la generación de energía, y tal como lo explica Medrano Pérez (2010) “ el desarrollo de políticas sectoriales en el ámbito del agua y la energía, permitirán obtener múltiples beneficios y aprovechar oportunidades de ahorro, tanto de agua como de energía, y sumado a ello, las oportunidades de desarrollo económico y social que se traducen en una mejor calidad de vida”.(Medrano Pérez, 2010).

2.1 JUSTIFICACIÓN

El agua interviene en casi todas las tecnologías para la generación de energía, “y es vulnerable a las restricciones físicas de su disponibilidad y a las regulaciones que podrían limitar el acceso a ella”.(International Energy Agency, 2012, p.501). “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”. (Maestu Unturbe y Gómez, 2014, p.5).

Es por esto que es muy importante el estudio del binomio agua – energía, determinar cuáles son los tipos de energía que requieren agua ya sea directamente para su generación o que intervenga en el proceso, estimar que volumen de agua se requiere para la generación de los diferentes tipos de energía y determinar soluciones o alternativas para la disminución del consumo del agua dentro de esos procesos.

2.2 OBJETIVOS

- Analizar la relación agua – energía.
- Determinar cuál es la importancia del agua para la generación de energía.
- Identificar cuáles son los factores limitantes del acceso al recurso hídrico.
- Identificar los tipos de energía que necesitan agua.
- Definir los problemas relacionadas con el agua para la energía.
- Determinar soluciones para el uso del agua en la generación de energía.

2.3 METODOLOGÍA

Para el proceso de investigación, se realizó una lectura previa de la bibliografía brindada por el tutor, éste es el informe sobre las Perspectivas de la Energía en el Mundo, “World Energy Outlook 2012”, de la Agencia Internacional de la Energía, el cual específicamente en el capítulo 17 se habla sobre el tema a desarrollar, el binomio agua energía: agua para la energía.

Además se realizó una exploración de información usando buscadores como Google Scholar, ResearchGate y Dialnetplus de la Universidad de la Rioja en ellos se encontraron artículos científicos, revistas y libros que se usaron como bibliografía para el desarrollo de este trabajo final de máster.

3. DEMANDA DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Se ha estimado que las extracciones mundiales de agua para la generación de energía en el año 2010 fueron de 583 bcm, esto es el 15% aproximadamente de las extracciones mundiales; en este mismo año el consumo de agua en el sector energético fue de 66 bcm (11%) de las extracciones de agua. Estos requisitos se van incrementando y llegan a estabilizarse en el 2015. (International Energy Agency, 2012, p.514, 516)

La ONU-DAES (2014), afirma que “para el 2035, el consumo de energía habrá aumentado en un 35%, lo que conllevará a que el consumo de agua por parte del sector aumente en un 85%”. (ONU-DAES, 2014)

En la Figura Nº 1 se muestra una proyección de las demandas del agua, en la cual se puede ver que el volumen de agua que en el 2000 fue de 3.500 km³

($3.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$) aumentará a 5.500 km^3 ($5.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$) en el año 2050, esta demanda se incrementa especialmente en el sector industrial, en un 400%, aproximadamente 1.000 km^3 ($1 \times 10^{12} \text{ m}^3$); para la generación de electricidad se incrementará un 140%, unos 600 km^3 ($6 \times 10^{11} \text{ m}^3$) y en el sector de consumo doméstico un 130%, cerca de 300 km^3 ($3 \times 10^{11} \text{ m}^3$). (Maestu Unturbe, 2014, p.28)

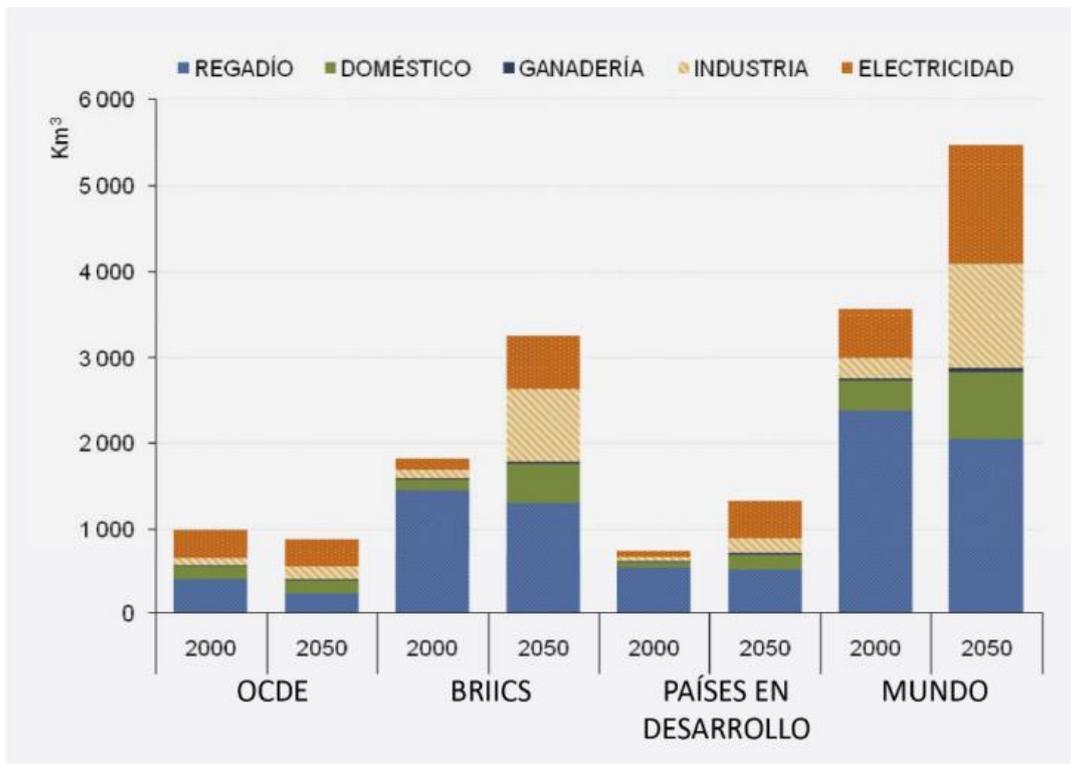


Figura Nº 1 Evolución sectorial y regional de las demandas de agua.

Tomado de (Maestu Unturbe, 2014)

“Las demandas aumentarán significativamente en China y el Sur de Asia, así como en las economías emergentes de los BRICS debido a las actividades asociadas a la manufactura e industria, electricidad y consumo doméstico previstas en 2050”. (Maestu Unturbe, 2014, p.28)

La utilización de mayores cantidades de agua para la generación de energía, se incrementa como consecuencia directa del aumento de suministro de biocombustibles a nivel mundial, esta demanda para la producción de biocombustibles es espacialmente para “riego de los cultivos de materias primas para el etanol y el biodiesel, principalmente caña de azúcar, maíz y soja”. “Las extracciones de agua para biocombustibles aumentan en línea con el suministro global, de 25 bcm a 110 bcm entre los años 2010 a 2035”. (International Energy Agency,2012, p.514, 516 - 518)

Los usuarios principales de agua para la generación de energía son Estados Unidos, la Unión Europea, China y la India, los países como Japón, Corea y Australia requieren menor volumen de agua debido a su ubicación territorial ya que casi todas sus centrales eléctricas están ubicadas en las costas y en muchos casos utilizan agua de mar para enfriarse; por el contrario, para el Medio Oriente, la escasez de agua es una limitación importante para la producción de energía. (International Energy Agency,2012, p.517)

4. ESTRÉS HÍDRICO A NIVEL MUNDIAL

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) nos explica que estrés hídrico es cuando los requerimientos de agua son mayores que su volumen disponible en un tiempo determinado o cuando hay limitaciones en su uso debido a su mala calidad; “se refiere a sequía y a desertificación, a la falta de agua, y al mismo tiempo, se refiere al exceso de agua, como inundaciones y crecidas de ríos”. (Pradillo, 2015)

Hablando a nivel mundial, las ciudades que presentan estrés hídrico son aquellas que utilizan al menos el 40 % de su recurso disponible. “Los países que cuentan con un mayor estrés hídrico, en términos generales, son aquellos

más industrializados mientras que los que se consideran países en vías de desarrollo no parece que este problema sea tan acusado”. (Pradillo, 2015). En la Figura N° 2 se puede ver el impacto de estrés hídrico en los diferentes países.

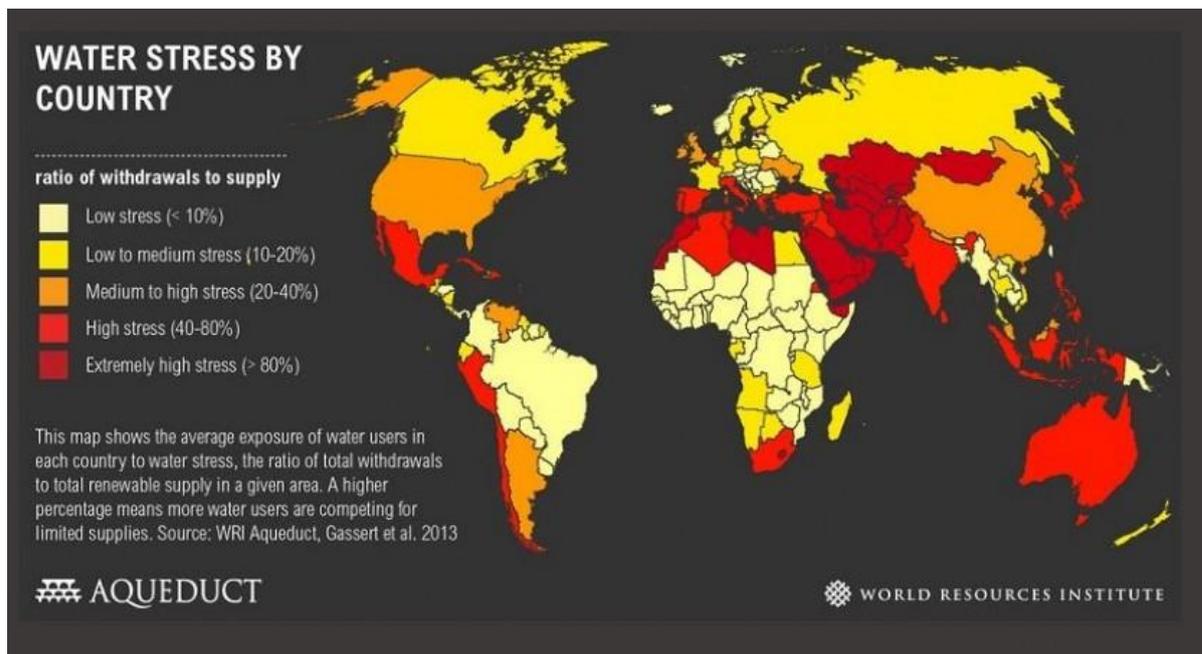


Figura N° 2 Estrés hídrico a nivel mundial (por país, 2013).

Tomado de (Pradillo, 2015)

Para el año 2050, se estima que las tres cuartas partes de la población que estarán sometidos a estrés severo habitarán en los BRIICS, la población del sur de Asia y Oriente Medio vivirán en cuencas bajo condiciones de estrés severo (Figura N° 3); por el contrario, “se espera que las condiciones de estrés hídrico mejoren en los países de la OCDE, fruto, sin duda, de la disminución de las demandas y los mayores niveles de precipitación que se esperan como consecuencia del cambio climático” (Figura N° 4). (Maestu Unturbe, 2014, p.28-29).

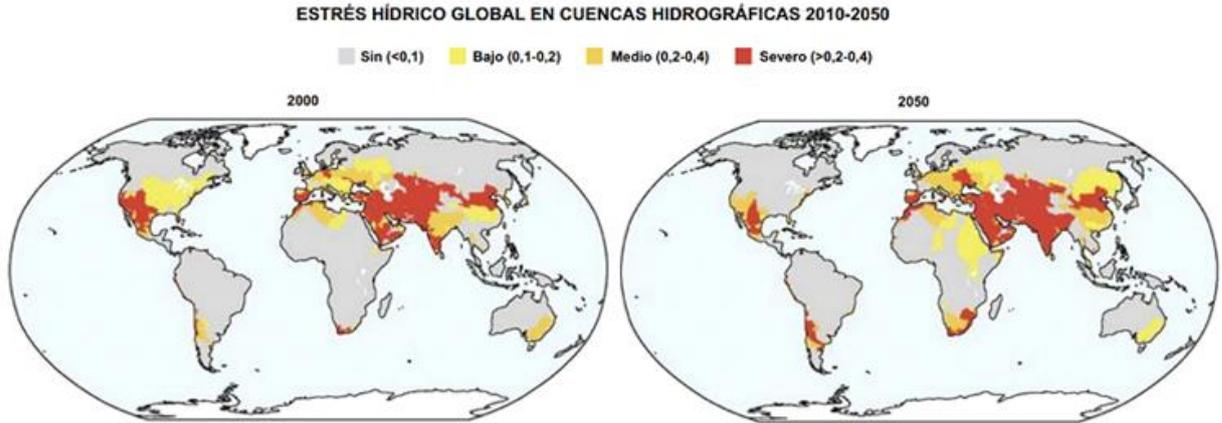


Figura Nº 3 Estrés hídrico a nivel global en cuencas hidrográficas 2010 - 2050.

Tomado de (Maestu Unturbe, 2014, p.30)

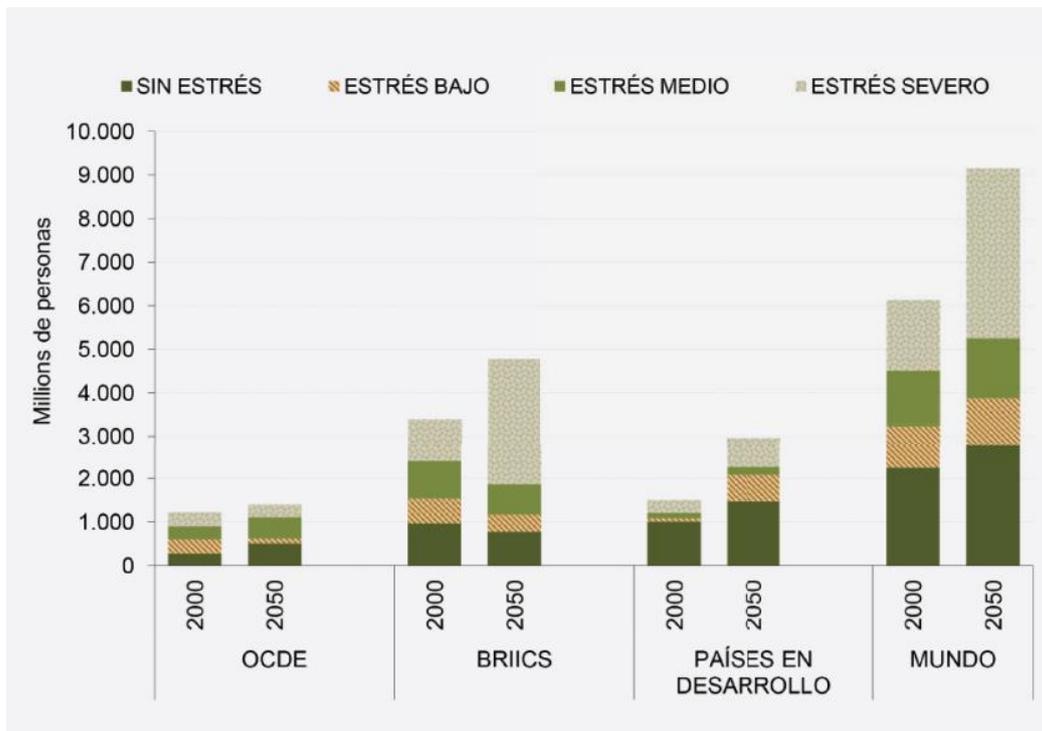


Figura Nº 4 Evolución del estrés hídrico.

Tomado de (Maestu Unturbe, 2014, p.29)

5. UN FUTURO LIMITADO POR EL AGUA

A pesar de su abundancia, el agua no siempre está al alcance para el uso humano, ya sea por su calidad, cantidad, tiempo o lugar de requerimiento. Sabemos que el “2.5% del agua del mundo es agua dulce, de eso, menos del 1% es accesible a través de fuentes superficiales y acuíferos; el resto está encerrado en glaciares y casquetes de hielo o se encuentra a gran profundidad” (International Energy Agency, 2012, p.502)

Si mantenemos un abastecimiento anual sostenible de agua dulce, es decir 4.200 millones de m³, la pérdida anual proyectada para 2030 estará en 2.765 millones de m³, el 40% de la demanda total, por ejemplo para 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. (Maestu Unturbe y Gómez, 2014, p.5)

Además, según el informe de la EIA “en 2012, 2.500 millones de personas carecían de acceso o tenían un acceso poco fiable a la electricidad” (International Energy Agency, 2012), y “2.800 millones de personas vivían en zonas de alto estrés hídrico” (WWAP, 2014).

La inestabilidad del abastecimiento y calidad del agua está cada vez más limitada para el sector energético, como se muestra en la Figura N° 5, en donde se describen los impactos que se generan.

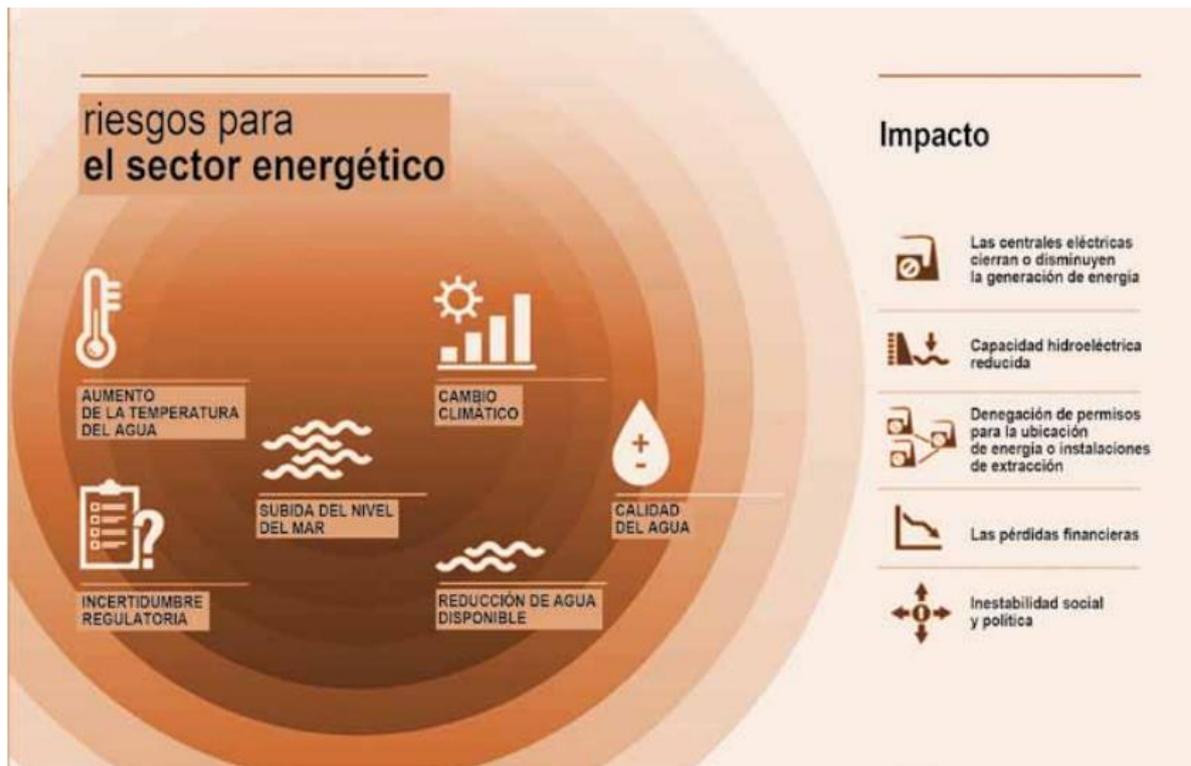


Figura N° 5 Riesgos para el Sector Energético.

Tomado de (D. J. Rodríguez y Sohns, 2014)

El crecimiento demográfico, crecimiento económico y la rápida urbanización están relacionados directamente con la demanda de los recursos energético e hídrico; en el futuro, estos factores se presentarán en los países en desarrollo y presentarán alta vulnerabilidad como consecuencias del aumento de esta demanda, ya que no están preparados para solucionar el incremento en la variabilidad del abastecimiento de agua. (D. Rodríguez, 2015, p.41)

En la Figura N° 6 Medrano Pérez explica mediante un gráfico con barras, la demanda mundial de energía, el crecimiento de la población mundial y la necesidad futura de agua al 2030, y los efectos del cambio climático en Europa. (Medrano Pérez, 2010)

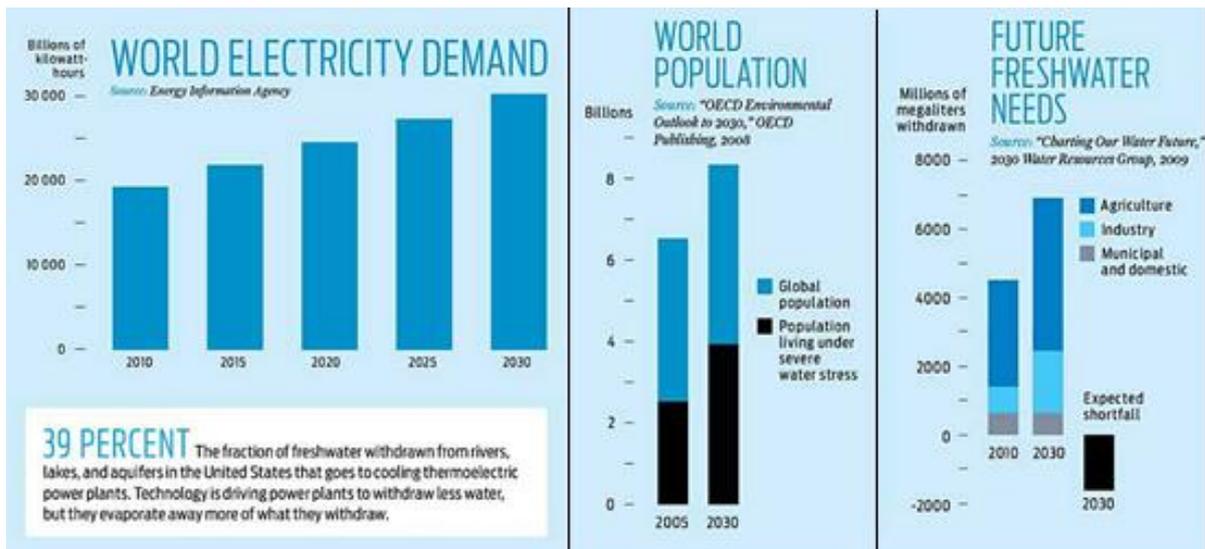


Figura N° 6 Demanda de Recursos a Nivel Mundial.

Tomado de (Medrano Pérez, 2010)

Como ya lo dijimos, el cambio climático también afecta directamente la disponibilidad del recurso hídrico y no está siendo tomado en cuenta en los “modelos energéticos convencionales de planificación y operación de la energía” (Rodríguez y Sohns, 2014, p.14). “Los ciclos del agua y el clima están inextricablemente vinculados: el aumento de las temperaturas acelerará el movimiento del agua y aumentará la evaporación y la precipitación”. (International Energy Agency, 2012, p. 503)

Los cambios meteorológicos, como se ve en la Figura N° 7, se han ido presentando a lo largo del tiempo, como por ejemplo los periodos de sequía e inundaciones. Estos efectos climáticos se presentan de diferente forma en cada región; es decir como lo explica la FAO (2008) “la población padece cambios en la precipitación media, la escorrentía superficial, y caudales fluviales, desviaciones de los valores medios de precipitación, y un aumento de la probabilidad de fenómenos extremos, como fuertes tormentas, inundaciones y sequías”. (FAO, 2008). “Esto probablemente conlleve mayor competencia por

6. VULNERABILIDAD ENERGÉTICA POR LIMITACIONES DE AGUA

Las limitaciones por disponibilidad de agua para el uso del sector energético engloban problemas en cuanto a la calidad y la cantidad, es decir puede que no sea suficiente o que lo que tengamos disponible sea de mala calidad. Estas condiciones pueden ser naturales como sequías, olas de calor, variaciones estacionales, cambio climático, regulaciones o alguna combinación de estos factores; o pueden surgir de la gestión en cuanto al uso del agua. (International Energy Agency, 2012, p. 512)

En el Informe Global del Agua del CDP, en el año 2013, se explica que en los cinco años atrás, el "82% de las empresas productoras de energía y el 73% de las empresas de suministro de energía" habían indicado que el agua representa un riesgo muy alto en el funcionamiento de su negocio, "y el 59% de las empresas productoras de energía y el 67% de las suministradoras" ya habían pasado por estas limitaciones hídricas, impactando a su negocio.(D. J. Rodríguez y Sohns, 2014, p.14)

En el caso de las centrales hidroeléctricas, si bien es cierto "los aprovechamientos hidroeléctricos no consumen agua, pero consumen espacio y, de cualquier modo, generan diversos conflictos y tensiones entre otros usos del agua a escala espacio-temporal de año y cuenca". (Espejo Marín y García Marín, 2010, p.108), "se considera un destructor de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y un disruptor de las comunidades afectadas por los embalses". (Adeel, 2014, p.29) y entre "las principales causas de alteración hidromorfológica, están pérdida de la conectividad y cambio en los flujos de agua y sedimentos". (Annukka y Mark, 2014, p.45).

Otro problema de las hidroeléctricas es la evaporación, por ejemplo, en "una serie de 100 plantas hidroeléctricas en California llevaron un estudio a estimar

las pérdidas por evaporación entre 40 m³/GWh y 200.000 m³/GWh; la media dada es de 5.400 m³/GWh". (Hardy y Garrido, 2010, p.136-138). En la tabla N° 1 podemos ver algunos ejemplos de impactos del agua en la producción de energía.

TABLA N° 1 Ejemplos de impactos del agua en la producción de energía

Lugar y año	Descripción de suceso
Generación de energía	
India (2012)	Un monzón retrasado elevó la demanda de electricidad (para bombear aguas subterráneas para riego) y redujo la generación hidroeléctrica, contribuyendo a apagones que duraron dos días y afectaron a más de 600 millones de personas.
China (2011)	La sequía limitó la generación hidroeléctrica a lo largo del río Yangtze, aumentando la demanda de carbón y obligando a algunas provincias a implementar medidas estrictas de eficiencia energética y racionamiento de electricidad.
Vietnam, Filipinas (2010)	El fenómeno meteorológico de El Niño causó una sequía que duró varios meses, reduciendo la generación hidroeléctrica y causando una escasez de electricidad.
Sudeste de Estados Unidos (2007)	Durante una sequía, la Autoridad del Valle de Tennessee redujo la generación hidroeléctrica para conservar el agua y redujo la producción de plantas nucleares y de combustibles fósiles
Medio oeste de Estados Unidos (2006)	Una ola de calor obligó a las plantas nucleares a reducir su producción debido a la alta temperatura del agua del río Mississippi.
Francia (2003)	Una onda de calor extendida obligó a EdF a reducir la producción de energía nuclear equivalente a la pérdida de 4 a 5 reactores, lo que costó aproximadamente 300'000.000 € para importar electricidad.

Producción de energía primaria

China (2008)	Se abandonaron decenas de proyectos planificados de carbón a líquidos (CTL), en parte debido a la preocupación de que supondrían una gran carga para los escasos recursos hídricos.
Australia, Bulgaria, Canadá, Francia, EEUU	La preocupación pública por los posibles impactos ambientales de la producción de gas no convencional (incluso en el agua) ha impulsado una regulación adicional y, en algunas jurisdicciones, moratorias temporales o prohibiciones de fracturamiento hidráulico.

Adaptado de (International Energy Agency, 2012, p. 513)

7. EL AGUA Y SUS VÍNCULOS ENERGÉTICOS.

El agua es indispensable para generar casi todas las formas de energía, por ejemplo, en los combustibles fósiles, el agua se utiliza para su extracción, para el riego de biocombustibles como materia prima, en el refinado y procesamiento de combustibles y su transporte. Y para la generación de energía, el agua interviene en los procesos de refrigeración y otras necesidades relacionadas con el proceso en las centrales térmicas, y por último las centrales hidroeléctricas aprovechan su movimiento para la producción de electricidad. (International Energy Agency, 2012, p. 505)

La demanda de agua para la producción y suministro energético puede tener efectos sobre la cantidad de agua disponible para otros usos, pero también puede afectar sensiblemente a la calidad del recurso.

7.1 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA

Para la obtención de combustibles fósiles, el agua interviene en las fases de extracción, procesamiento y transporte del ciclo del combustible. En el gas natural convencional es necesario una cantidad mínimo de agua para la perforación y el procesamiento y hablando de manera general, consume mucha menos agua que otros combustibles fósiles o biocombustibles, como se puede ver en la Figura N° 8.

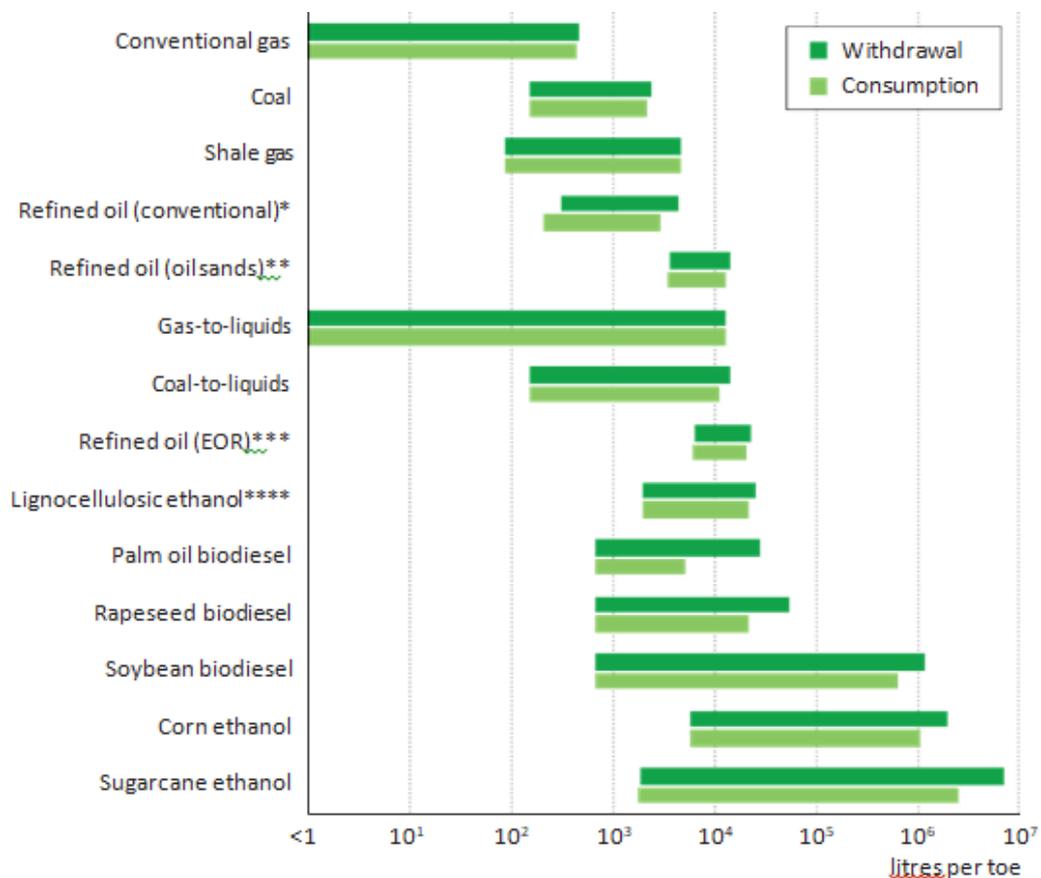


Figura N° 8 Uso del agua para la producción de energía primaria.

Tomada de (International Energy Agency, 2012, p. 506)

En la obtención de gas de esquisto, el agua interviene en la fracturación hidráulica; esta es “una técnica de estimulación de pozos que bombea fluidos (agua y arena, con aditivos químicos que ayudan al proceso) en formaciones de esquisto a alta presión para romper la roca y liberar gas”. Pero aquí se presenta una gran preocupación debido a la contaminación del agua, debido a la posible fuga de fluidos por la fracturación, hidrocarburos o agua salina en los suministros de agua subterránea y la manipulación y eliminación de aguas residuales. (International Energy Agency, 2012, p. 506)

En la producción de carbón se utiliza agua especialmente para el corte de carbón y la eliminación del polvo. El volumen de agua necesario, depende de si la mina está ubicada en la superficie o bajo tierra; y de los requisitos de procesamiento y transporte. Si bien el lavado del carbón aumenta su calidad, implica mayor uso de agua, por lo que se van a presentar como “la escorrentía de las operaciones de la mina y los relaves que pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas”. (International Energy Agency, 2012, p. 506)

Para la extracción de petróleo se necesita una menor cantidad de agua. “Las técnicas de recuperación secundaria que utilizan inundaciones de agua para soportar la presión del yacimiento pueden tener necesidades de agua aproximadamente diez veces más que las asociadas con la recuperación primaria, que se basa en mecanismos de soporte naturales”, finalmente en el refinado de petróleo crudo se necesita más agua para las técnicas químicas y de refrigeración. (International Energy Agency, 2012, p. 506)

En los biocombustibles es necesaria el agua para riego de cultivo de materia prima y para la transformación de combustibles. El volumen para riego depende del cultivo, la zona en la que se cultiva y las tecnologías de riego que se utilizan. Por ende, en la zona de cultivo tenga altas precipitaciones, se requerirá un mínimo de agua para su riego. Por ejemplo “los cultivos de secano

producidos en Brasil y en el sudeste de Asia, generalmente requieren menor demanda del recursos hídricos que los cultivos de regadío cultivados en partes de los Estados Unidos”. (International Energy Agency, 2012, p. 507)

7.2 GENERACIÓN ELÉCTRICA

Las centrales térmicas y nucleares necesitan agua principalmente para su enfriamiento. Pero es importante distinguir entre la utilización de agua y el consumo en centrales de generación de electricidad. Hablamos de utilización, cuando el agua es devuelta a su cauce natural una vez haya sido utilizada en la central; y entendemos como consumo, cuando después de haber sido utilizada, el agua no puede ser devuelta a su cauce natural, ya sea porque se contaminó en el transcurso del proceso o porque puede haberse evaporado. (Hardy y Garrido, 2010, p. 141)

Para las centrales térmicas, depende de la eficiencia de la misma, “el acceso a disipadores de calor alternativos y, en particular, el sistema de enfriamiento empleado”. Existen tipos de sistemas de refrigeración: “de paso directo y recirculantes, que se dividen en sistemas húmedos, secos e híbridos”. Los sistemas de paso directo o de circuito abierto extraen agua, pasa a través de un condensador de vapor y es devuelta a una temperatura más alta a un cuerpo de agua cercano, aquí una fracción de agua es evaporada. (International Energy Agency, 2012, p. 508)

Los sistemas de recirculación húmedos o de circuito cerrado húmedo utilizan agua dulce y pasa a través de un condensador de vapor, la diferencia con el anterior, es que el agua que se calienta va a ser enfriada en una torre o estanque; en este caso el agua que no se ha evaporado regresa al condensador de vapor para reutilizarlo. Al necesitar menores volúmenes de

agua, disminuye la exposición a riesgos a los recursos hídricos y los impactos medioambientales. (NETL, 2008) (International Energy Agency, 2012, p. 508)

En los sistemas de enfriamiento en seco utilizan flujo de aire a través de una torre de enfriamiento para condensar el vapor. Se necesita una mínima cantidad de agua, es por esto que son más adecuados para climas secos. El aire, al ser un medio menos efectivo que el agua para el enfriamiento, puede afectar el rendimiento de la planta de energía en un 2-7% especialmente en los días con temperaturas altas. (US EPA, 2009).

La extracción de agua por unidad de electricidad generada, son mayores en las centrales de carbón, gas y petróleo y centrales nucleares con enfriamiento de una sola vez, esto es 75.000 a 450.000 l/MWh. Las turbinas de gas de ciclo combinado (CCGT) generan menos calor residual por unidad de electricidad producida y requieren menos refrigeración, la extracción y consumo de agua está entre 570 a 1.100 l/MWh utilizando una torre de refrigeración húmeda. (International Energy Agency, 2012, p. 509)

En la energía eólica y solar fotovoltaica (PV), utilizan pequeñas cantidades de agua para la limpieza o el lavado de paneles. Las tecnologías de energía solar geotérmica y de concentración (CSP) necesitan agua que varía dependiendo de la tecnología utilizada y el sistema de enfriamiento. (International Energy Agency, 2012, p.509)

Las centrales eléctricas equipadas con CCS necesitan volúmenes de agua adicional para el proceso de captura de dióxido de carbono (CO₂) y para el proceso de refrigeración. Se estima que la adición de equipos de CCS a las plantas de energía con una torre de refrigeración húmeda aumentará las extracciones de agua entre un 60% para el ciclo combinado de gasificación

integrada (IGCC) y un 95% para las CCGT. (NETL, 2010) (International Energy Agency, 2012, p. 511)

La energía hidroeléctrica es el mayor usuario del agua, ya que depende del agua que pasa a través de las turbinas para la generación de electricidad. El agua es consumida “a través de la filtración y la evaporación del reservorio creado para las instalaciones hidroeléctricas. Los factores que determinan la cantidad consumida (clima, diseño de reservorios y asignaciones para otros usos) son altamente específicos del sitio y variables”. (International Energy Agency, 2012, p. 511).

“Según una estimación, las instalaciones hidroeléctricas en los Estados Unidos consumen 68.000 l/MWh en promedio, con un amplio rango que depende de la instalación” (Torcellini, Long, y Judkoff, 2003). A pesar de esto las centrales hidroeléctricas almacenan poca agua a lo largo del cauce de los ríos, es por esto que las pérdidas por evaporación son cercanas a cero.

Hardy y Garrido (2010), estima en la tabla N° 2, “las cantidades de agua utilizada en el año 2007 que fueron necesarias para la producción bruta de electricidad” en España. (Hardy y Garrido, 2010, p. 144)

TABLA Nº 2 Utilización y consumo de agua por unidad de electricidad producida según el tipo de central de producción en España 2007

<i>Tecnología Productora</i>	<i>Tipo de uso</i>	<i>Valor inferior m³/GWh</i>	<i>Valor estimado m³/GWh</i>	<i>Valor elevado m³/GWh</i>
Carbón	A.Uti.	1.134	31.047	189.000
	A.Con.	756	1.552	1.815
Petróleo	A.Uti.	0	24.322	189.000
	A.Con.	0	1.216	1.814
Gas Natural	A.Uti.	0	13.675	189.000
	A.Con.	0	684	1.814
Nuclear	A.Uti.	1.890	75.362	226.800
	A.Con.	1.512	1.569	2.722
Hidroeléctrico	A.Uti.	715.000	791.676	3.145.000
	A.Con.	10.000	40.814	70.000
Biomasa	A.Uti.	1.134	31.047	189.000
	A.Con.	1.134	1.552	1.814
Residuos	A.Uti.	1.134	31.047	189.000
	A.Con.	756	800	1.814
Solar Termoeléctrico	A.Uti.	2.775	3.090	3.404
	A.Con.	2.775	3.090	3.404
Geotérmica	A.Uti.	7.400	7.400	7.400
	A.Con.	5.180	5.180	5.180

Tomada de (Hardy y Garrido, 2010, p. 145)

7.2.1. ENERGÍA NUCLEAR:

Este tipo de energía ha ocasionado la mayor discusión a nivel mundial. “En el año 2000, casi el 20% de la electricidad se producía en centrales nucleares. Incluso en algunos países como Francia el porcentaje asciende al 76%, o en el caso de Suecia al 51%”.(UNED, 2016). “España cuenta en el año 2000 con nueve reactores nucleares que suman una potencia instalada de 7.800 megavatios y una producción 62.206 millones de kilovatios/hora, el 2,4 % del total mundial”.(Espejo Marín, 2002, p.65)

Los reactores nucleares utilizan uranio para la generación de energía, en una proporción de 3% de ^{235}U y el 97% restante de ^{238}U , más estable.(UNED, 2016). Dentro de estos reactores se produce un proceso llamado fisión, en donde el átomo de uranio se rompe al absorber otro neutrón produciendo dos átomos más pequeños y liberando energía, y es aquí donde intervine por primera vez el agua ya que ésta hace que disminuya la velocidad con la que se produce fisión.

Para que el reactor se mantenga frío, se utiliza generalmente agua mediante un circuito cerrado y mediante un intercambiador de calor se evita que exista algún tipo de fuga “el uso consuntivo en sistemas de paso de refrigeración de las centrales nucleares es de 400 gal/MWhe.”(1,51 l/MWhe) (Hamill y Findikakis, 2014). El vapor de agua que se genera permite el movimiento de turbinas y por medio de un generador eléctrico transforman la energía mecánica en electricidad.

7.2.2. HIDROELECTRICIDAD:

Adriano García-Loygorr (2015), define a la hidroelectricidad como: “la energía más flexible frente a variaciones de la demanda [...] y que no emite gases de efecto invernadero y permite almacenar energía sobrante procedente fundamentalmente de energías renovables.(García-Loygorr, 2015, p.53)

La energía hidroeléctrica está actualmente en uso en unos 150 países. La producción global de energía hidroeléctrica aumentó más del 5% en el 2010, debido en gran medida a la nueva capacidad y al clima húmedo en China, y representó alrededor del 16% de la producción mundial de electricidad. Se agregaron aproximadamente 30 GW de capacidad durante 2010, y la capacidad global existente alcanzó un estimado 1.010 GW. (Renewable Energy

Policy Network for the 21st Century, 2011, p.25). En la Figura N° 9 se explica el porcentaje de la energía hidroeléctrica a nivel mundial.

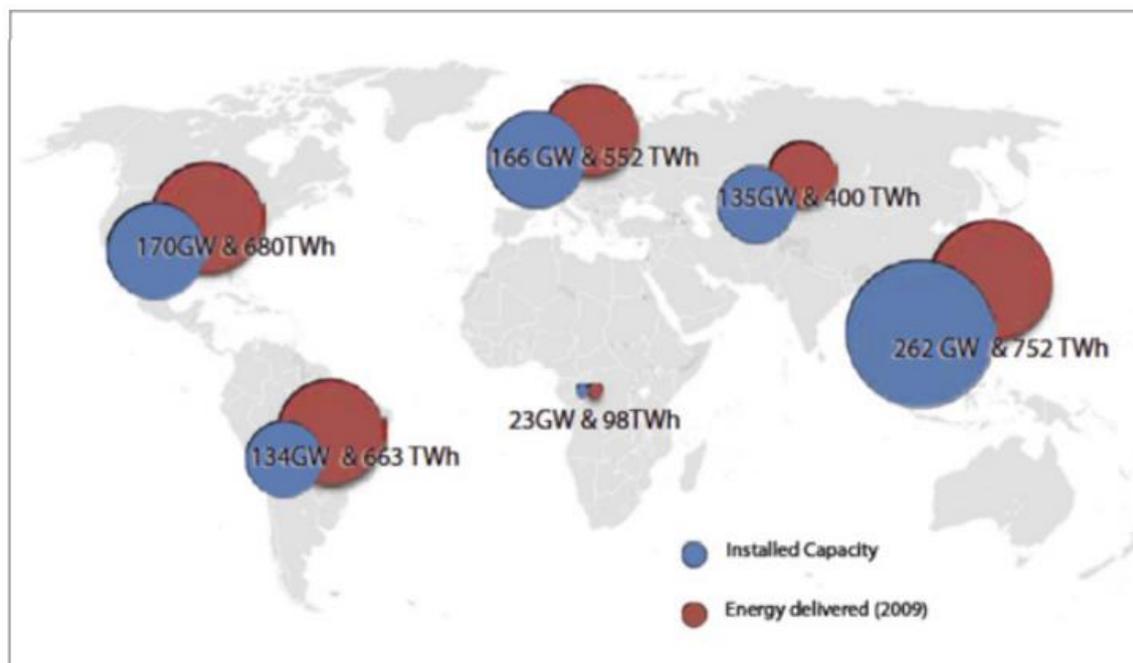


Figura N° 9 Energía hidroeléctrica a nivel mundial.

Tomado de (González Villarreal et al., 2014, p.29)

Además González Villarreal, Dimínguez Mares y Arriaga Medina (2014), agrega que:

Los países miembros de la OCDE representan el 41.7 % del total de producción de energía hidráulica, le sigue Asia con el 25.9 % y América Latina con el 20.1%. China, Brasil, Canadá, Estados Unidos y Rusia son, en escala descendente, los mayores productores; en conjunto suman un 52% de la capacidad mundial instalada. (González Villarreal, Dimínguez Mares, y Arriaga Medina, 2014, p.29)

“En 2013, la producción hidroeléctrica supuso en España el 15,8% de la total con una potencia instalada que era el 18,3% de la española”. El Canal de Isabel II (2014) maneja en Madrid “una potencia instalada de 82,05 MW correspondientes a 8 centrales hidroeléctricas (39,1 MW), 11 plantas con motores biogás (23,4 MW), 1 planta de cogeneración (19,2 MW) y 9 micro-turbinas implantadas en una EDAR y en la red de distribución.”(Fundación Canal de Isabel II, 2014, p.17)

“La hidráulica es la segunda fuente renovable de generación eléctrica en España con 17.025 MW de capacidad instalada a finales de 2016”, como se lo puede ver en la Figura N° 10. (Red Eléctrica de España, 2017)

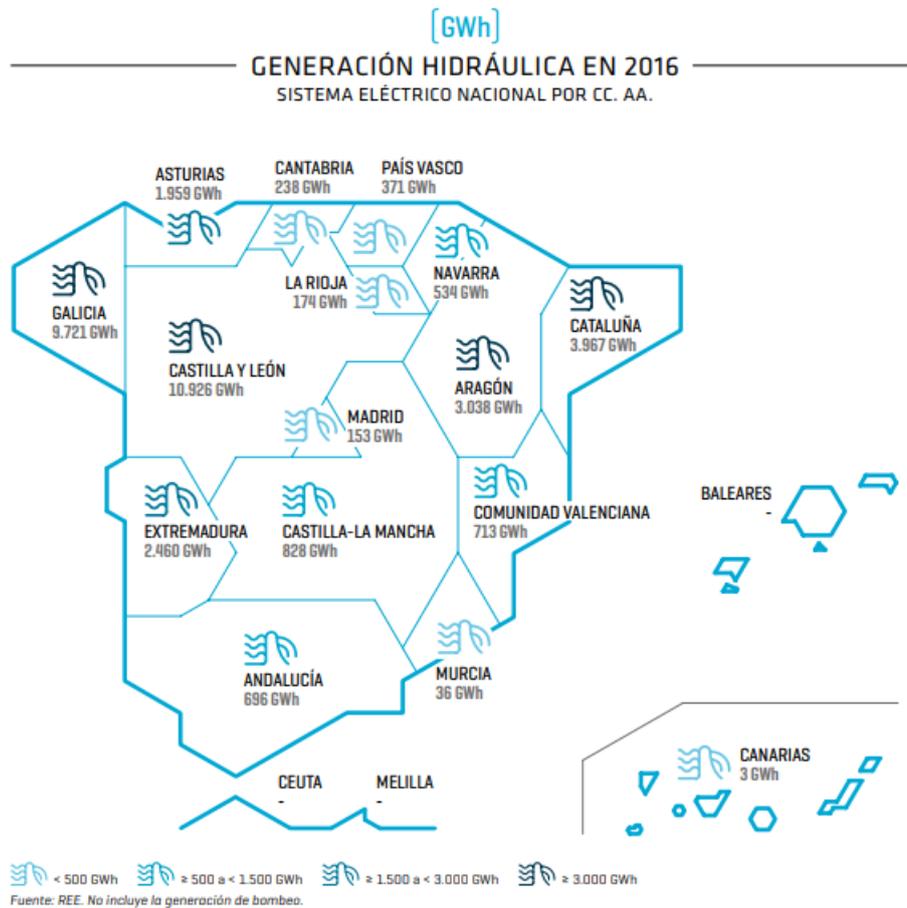


Figura N° 10 Generación hidráulica en España en el 2016.

Tomado de (Red Eléctrica de España, 2017)

7.2.3. CENTRALES TÉRMICAS:

“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”. (Hamill y Findikakis, 2014, p.102), las centrales generalmente utilizan un sistema hídrico abierto, es decir, el agua es captada de un río o de mar, se refrigera el vapor el agua (condensa el vapor generado por la turbina), y finalmente es devuelta íntegramente al cauce.

“Son necesarios volúmenes elevadísimos de agua en continuo cercanos a los 40.000 m³/hora para una central de carbón de 500 MW o un ciclo combinado de gas natural de 800 MW”. (Navalón Burgos, 2008, p.6)

Para que las centrales térmicas sean eficientes, es importante que consuman lo menos posible volúmenes de agua por kWh producido, además de regresar a los cauces del río el agua con características físico químicas dentro de los parámetros establecidos, de esta manera asegurar la conservación de su biodiversidad.

“El 39 % la fracción de agua dulce procedente de ríos, lagos y acuíferos en los Estados Unidos va dirigido al enfriamiento de centrales termoeléctricas.” (Severiche S., 2013, p.2). “En el proceso solamente se consume por evaporación un 3% del agua total utilizada. Por tanto, se logra pasar de caudales de 40.000 m³/h a 1.000 m³/h, reduciendo hasta 40 veces la necesidad de agua.” (Navalón Burgos, 2008. p.6).

7.2.4. OTROS TIPOS DE ENERGÍA:

7.2.4.1. Energía Mareomotriz:

El nivel de agua del mar varía, está influenciado por la atracción del sol. “Esa energía de gravedad y de flujo es la que se aprovecha. Consiste en aprovechar el movimiento que realiza el agua al producirse los cambios en las mareas haciendo girar turbinas en sus entradas y salidas”.(Severiche S., 2013)

Para España la energía de las olas representa un recurso factible, de muy buena calidad para su futura explotación. La saliente Cantábrica y las Islas Canarias son los lugares en donde hay mayor potencial energético. “La energía de las corrientes, en el sur de la península, presenta también un elevado potencial teórico, pero su viabilidad está muy limitada por el intenso tráfico marítimo y los valores ambientales existentes en esa zona”.(Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2009)

7.2.4.2. Energía geotérmica:

“La energía geotérmica se ha empleado desde la antigüedad para baños termales, y a principios del siglo XX comenzó a considerarse su uso para calefacción doméstica y comercial, en zonas como Islandia”. (Severiche S., 2013, p.5)

Este tipo de energía es uno de los más importantes pero a la vez el menos conocido. "Para generación de electricidad, se estima que existe un potencial bruto de casi 3.000 MW de recursos geotérmicos de alta temperatura para generación de electricidad, aprovechables mediante geotermia convencional y con las nuevas tecnologías de la geotermia estimulada". (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2009). En España, la potencia instalada en el 2009

superaba los 100 MWt, especialmente porque ha habido aprovechamientos geotérmicos mediante bombas de calor. (Ministerio de Industria Turismo y Comercio, 2009)

7.2.5. BIOMASA:

Esta es una fuente renovable integrada por “residuos forestales y agrícolas, subproductos biodegradables, residuos industriales, etc. “En la actualidad la biomasa se aprovecha fundamentalmente para la producción de calor en viviendas (cocinas, hornos, calderas,..) y en usos industriales (hornos cerámicos, secaderos industriales. Sólo una parte, todavía pequeña, se utiliza para generar electricidad”.(Espejo Marín, 2006, p.56). Así, en la tabla Nº 3 se presenta la potencia instalada en centrales de biomasa en España en el 2003.

El IDEA (2007), pone como ejemplo el caso del chopo como fuente de biomasa, en donde explica que:

Los riegos del chopo a rotación muy corta (en tallar) según el déficit hídrico local. Las cifras están entre 4.000 y 6.000 m³/ha/año a monte alto, distribuidos entre 4 y 6 veces al año. En caso de crisis de abastecimiento hídrico podrían aplicarse únicamente riegos de mantenimiento. Los cultivos alimentarios (maíz, alfalfa, remolacha, etc.) precisan en torno a 8.000 m³/ha/año. (IDAE, 2007, p.24)

TABLA Nº 3 Potencia instalada en centrales de biomasa en el 2003 en España

Provincia	Potencia	% España		Provincia	Potencia	% España
Córdoba	40,970	9,76		ASTURIAS	33,320	7,94
Huelva	40,950	9,76		Barcelona	22,070	5,26
Jaén	20,250	4,83		Lérida	1,332	0,32
Málaga	9,150	2,18		Tarragona	0,700	0,17
Sevilla	2,120	0,51		CATALUÑA	24,102	5,74
Granada	0,624	0,15		Zaragoza	21,750	5,18
Cádiz	0,569	0,14		ARAGÓN	21,750	5,18
ANDALUCÍA	114,633	27,32		Valencia	5,410	1,29
Guipúzcoa	28,653	6,83		Alicante	3,966	0,95
Vizcaya	16,233	3,87		C. VALENCIANA	9,376	2,23
Álava	0,653	0,16		LA RIOJA	5,000	1,19
PAÍS VASCO	45,539	10,85		Soria	4,282	1,02
Pontevedra	29,500	7,03		Valladolid	0,601	0,14
La Coruña	11,043	2,63		CASTILLA Y LEÓN	4,883	1,16
Orense	2,938	0,70		REGIÓN DE MURCIA	3,060	0,73
GALICIA	43,481	10,36		CANTABRIA	2,385	0,57
NAVARRA	40,420	9,63		Badajoz	1,300	0,31
MADRID	36,795	8,77		EXTREMADURA	1,300	0,31
Ciudad Real	22,800	5,43		TOTAL ESPAÑA	419,660	100,00
Toledo	6,816	1,62				
Cuenca	4,000	0,95				
CASTILLA-LA MANCHA	33,616	8,01				

Tomada de (Espejo Marín, 2006)

8. SOLUCIONES PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Como primer paso considero que es importante la utilización adecuada de estos recursos, de esta manera se garantizará una calidad de vida adecuada para la población. Todo ello se puede conseguir mediante la mejora de los diferentes procesos y una apropiada gestión. Para los procesos se puede trabajar sobre cada una de las etapas en la generación de energía, de una manera independiente, y en cuanto a una apropiada gestión, se puede llegar a alcanzar mediante la aplicación de medidas como lo explica Cabrera, Pardo,

Cabrera Jr. y Cobacho (2010), “coordinar administraciones, educar a los ciudadanos e introducir mecanismos económicos” se puede llegar a obtener los resultados deseados. (Cabrera, Pardo, Cabrera Jr, y Cobacho, 2010).

“Las Naciones Unidas han declarado el decenio 2014-2024 como la Década de la Energía Sostenible para todos.”(Fundación Canal de Isabel II, 2014, p.21). “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”. (Maestu Unturbe y Gómez, 2014, p.10)

Josefina Maestu y Carlos Mario Gómez, nos dicen que “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”. (Maestu Unturbe y Gómez, 2014). Esto es mucho más evidente en el sector de la población con bajos recursos, en donde no tienen acceso al agua potable y energía eléctrica, limitando así la cobertura de sus necesidades básicas.

Una muy buena opción para las centrales eléctricas es el uso de aguas residuales tratadas para los procesos de refrigeración. Los autores Frank Hamill y Angelos Findikakis (2014) nos dicen que:

Una base de datos de las plantas de energía que usan las aguas residuales tratadas desarrollado en 2007 identificó 57 instalaciones de ese tipo. 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 agua tratada terciaria. Además, la industria está adoptando cada vez más la refrigeración por aire y sistemas de refrigeración híbrido húmedos/secos. El uso de tales sistemas puede reducir el uso de agua entre un 80% y un 90%. (Hamill y Findikakis, 2014, p.102)

Existen tecnologías como las SHP, que “tienen muy poco o ningún impacto ambiental, 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”. (Susan y Payne, 2014, p.41)

Es importante implementar políticas que aseguren el uso adecuado del agua a largo plazo de manera que haya una reducción del riesgo en el sector de la producción de energía. Además con estas políticas se asegura una distribución de agua y energía satisfaciendo las necesidades de los consumidores.

Es importante 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”. (Maestu Unturbe y Gómez, 2014, p. 9-10)

Los autores Josefina Maestu y Carlos Mario Gómez (2014) hablan acerca de la iniciativa “Energía Sedienta” del Banco Mundial. Esta iniciativa tiene el objetivo de “apoyar los esfuerzos de los países para hacer frente a los desafíos en gestión de la energía y el agua de forma proactiva; ayudar a los gobiernos a prepararse para un futuro incierto y romper los muros disciplinares que impiden la planificación intersectorial”. (Maestu Unturbe y Gómez, 2014, p. 9-10)

Existe también la Iniciativa Energía Sostenible para Todos que presentó la ONU – DAES en el 2014, esta es una asociación multisectorial entre varios gobiernos, sector privado y la sociedad; esta iniciativa fue propuesta por el Secretario General de la ONU en el 2011, mediante tres objetivos relacionados entre sí, los mismos que deben cumplirse para el año 2030: “(1) Garantizar el acceso universal a unos servicios energéticos modernos; (2) Duplicar la tasa

mundial de mejora de la eficiencia energética; (3) Duplicar el porcentaje de las energías renovables en el mix energético global". (ONU-DAES, 2014)

En los lugares que presentan estrés hídrico es importante considerar energías renovables que no requieran grandes cantidades de agua e implementar presas con fines múltiples. "Por ejemplo, un aumento importante de la energía eólica y solar fotovoltaica puede reducir el volumen de agua utilizado por el sector energético. Aumentar la eficiencia energética también contribuye a mejorar la eficiencia de uso de los recursos hídricos". (D. Rodríguez, 2015, p.46)

Otra alternativa es la utilización de biocombustibles, que además ayuda a la disminución de los GEI; "sin embargo, si se precisa riego para la producción de los biocombustibles, pueden acrecentar la escasez de agua y los conflictos en relación con la demanda de agua, al competir por agua y tierras con la producción de alimentos". (D. Rodríguez, 2015, p.43). En el mundo, el agua para el riego de biocombustibles es 44 km³, esto es el 2% del total el agua de riego; y para la producción, "se necesita un promedio de alrededor de 2.500 l de agua (unos 820 litros de agua de riego) para producir 1 litro de biocombustible líquido" (ONU-DAES, 2014)

Además los autores Diego J. Rodríguez y Antonia Sohns (2014), nos explica que:

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. 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. (D. J. Rodríguez y Sohns, 2014, p.21)

Finalmente en la Figura N°11 se presentan algunas de las soluciones la el binomio agua – energía.

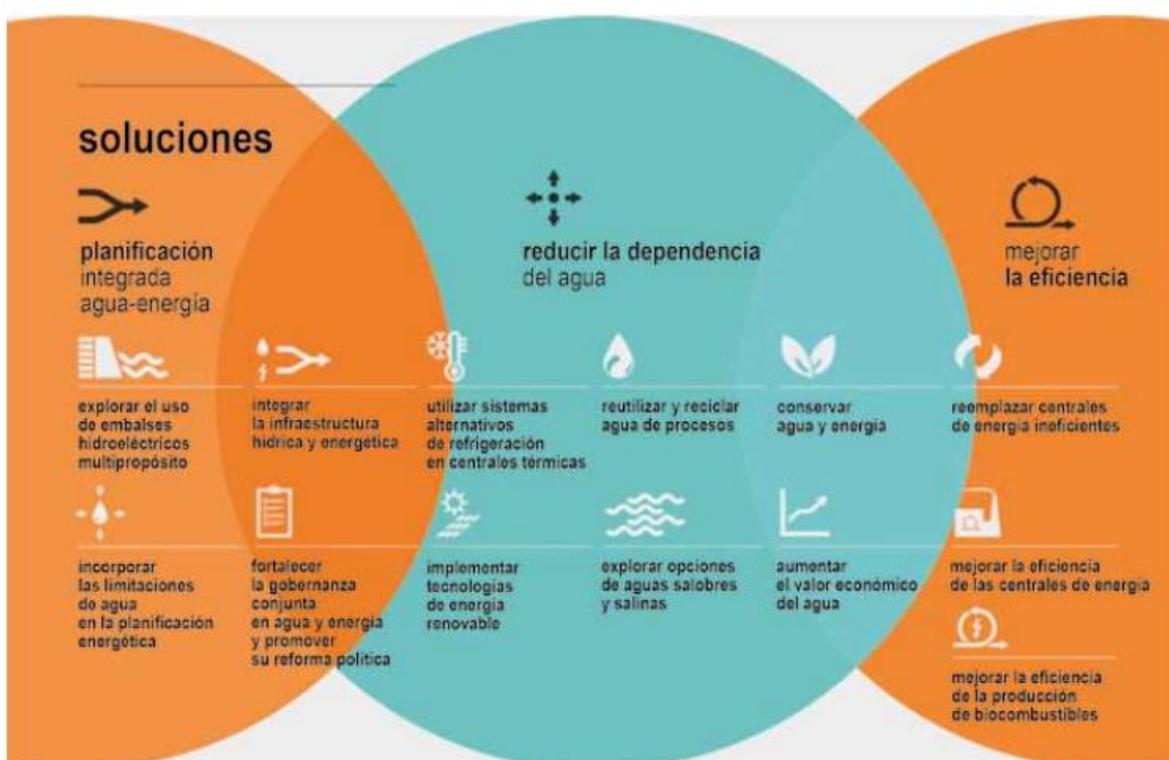


Figura N° 11 Soluciones Binomio Agua - Energía.

Tomado de (D. J. Rodríguez y Sohns, 2014, p.20)

9. CONCLUSIONES

El agua interviene en muchos procesos para la obtención de energía primaria y para la producción de energía eléctrica, el volumen necesario varía dependiendo del tipo de energía; es decir, que la generación de energía depende de la disponibilidad del agua.

La relación que hay entre los recursos energético e hídrico es inseparable e interdependiente, un adecuado manejo del uno es el uso eficiente del otro; una mejor gestión del uno es una menor demanda del otro; el llegar a alcanzar un ahorro del agua y la energía dentro de sus producciones y consumos permite producir mucho más con menor cantidad.

Los factores que influyen en la demanda del binomio son el crecimiento poblacional, el crecimiento económico y el cambio climático; la ubicación para la obtención de ambos recursos también es importante ya que hay zonas de difícil acceso y el costo de obtención de los mismos sería mayor.

En cuanto a la generación de energía, las hidroeléctricas son la que requieren mayor volumen de agua y las que requieren un mínimo volumen de agua son la solar fotovoltaica y eólica, que utiliza agua solamente para la limpieza de sus paneles.

Es posible plantearse una mayor dependencia de utilización de tecnología de energía renovable que requieran mínimos volúmenes de agua, como la energía eólica y la solar fotovoltaica; además se puede mejorar los sistemas de refrigeración en la centrales, empleando los sistemas refrigeración húmeda y seca, mejorar la eficiencia de las centrales de generación térmica y, finalmente, considero que se debe tomar en cuenta mayor explotación de fuentes de agua

no dulces, para optar por mayor reutilización del recurso hídrico para la generación de energía.

El sector energético es muy vulnerable en cuanto a las limitaciones que puede presentar la disponibilidad de agua; la misma que está condicionada tanto por su calidad y por su volumen; por ello es importante emplear tecnologías y políticas mucho más eficientes en ambos sectores.

Es importante conformar asociaciones que determinen operaciones de aplicación, búsqueda y actuación de medidas eficaces en el sector energético, en donde se refleje el interés del sector público, privado y ciudadanía en general de llegar a alcanzar como objetivo, el beneficio de generación de energía y a la vez la conservación del recurso hídrico.

El ahorro de los recursos hídricos y eléctricos empieza con una mejor educación de los ciudadanos en cuanto a la utilización, hábitos y sensibilización de la utilización de estos recursos, es indispensable encontrar soluciones para que las pérdidas de agua sean mínimas y la eficiencia de energía sea muy alta, todo ello con aplicación de tecnología adecuada y eficiente y una normativa que promuevan la participación entre ambos sectores.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Adeel, Z. (2014). Retos del conocimiento para la Integración de las Políticas de Agua y Energía. *Water Monographies*, 24–31. Retrieved from <https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/wm-ii-esp.pdf>
- Annukka, L., y Mark, H. (2014). Promoción de respuestas políticas transfronterizas integradas sobre el binomio agua-energía. *Water Monographies*, 44–55. Retrieved from <https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/wm-ii-esp.pdf>
- Cabrera, E., Pardo, M. A., Cabrera Jr, E., y Cobacho, R. (2010). AGUA Y ENERGÍA EN ESPAÑA. UN RETO COMPLEJO Y FASCINANTE, 17(3), 235–246. Retrieved from <http://www.ingenieriadelaagua.com/2004/download/17-3%5Carticle4.pdf>
- Delgado Ramos, G. C. (2014). Agua y Energía. *Impluvium*, 2, 41. Retrieved from <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero02.pdf>
- Espejo Marín, C. (2002). La producción de electricidad de origen nuclear en España. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, (33), 65–77. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1122433.pdf>
- Espejo Marín, C. (2006). *LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN ESPAÑA*. Murcia. Retrieved from <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/otrosdocs/docs/energias-renovables.pdf>
- Espejo Marín, C., y García Marín, R. (2010). AGUA Y ENERGÍA : PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA EN ESPAÑA, 51, 107–129. Retrieved from https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17169/1/IG_51_05.pdf
- FAO. (2008). *Climate Change, Water and Food Security (Cambio climático, agua y seguridad alimentaria)*. Documento de antecedentes técnicos de la consulta con expertos. Roma - Italia.
- Fundación Canal de Isabel II. (2014). *Agua y Energía. 9º Foro Agua para el*

- desarrollo 2014*. Madrid. Retrieved from
<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019293.pdf>
- García-Loygorr, A. (2015). Agua y energía en España. *9º Foro Agua Para El Desarrollo 2014*, 51–60. Retrieved from
<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019293.pdf>
- González Villarreal, F., Dimínguez Mares, M., y Arriaga Medina, J. (2014). PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA EN MÉXICO. *Impluvium*, 2, 24–35. Retrieved from
<http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero02.pdf>
- Hamill, F., y Findikakis, A. (2014). CUESTIONES RELACIONADAS CON EL USO DE AGUA PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. *Water Monographies*, 96–105. Retrieved from
<https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/wm-ii-esp.pdf>
- Hardy, L., y Garrido, A. (2010). *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España* (Fundación). Madrid. Retrieved from
<http://www.fundacionmbotin.org>
- IDAE. (2007). *Biomasa: Cultivos energéticos*. (BESEL S.A., Ed.). Madrid. Retrieved from
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_cultivos_energeticos_07_4bd9c8e7.pdf
- International Energy Agency. (2012). *World Energy OUTLOOK 2012. Outlook*.
<https://doi.org/10.1049/ep.1977.0180>
- Linares, P. (2015). Nuevas tecnologías de generación eléctrica a partir de la disponibilidad de recursos hídricos en escenarios de cambio climático. *9º Foro Agua Para El Desarrollo 2014*, 69–76. Retrieved from
<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019293.pdf>
- Maestu Unturbe, J. (2014). El contexto general del nexo agua-energía. *9º Foro Agua Para El Desarrollo 2014*, 25–40. Retrieved from
<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019293.pdf>

- Maestu Unturbe, J., y Gómez, C. Ma. (2014). El binomio Agua-Energía: Retos, Soluciones e Iniciativas de las Naciones Unidas. *Water Monographies*, 2, 4–13. Retrieved from <https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/wm-ii-esp.pdf>
- Medrano Pérez, O. R. (2010). Vínculo entre Agua y Energía. Una oportunidad para el ahorro de recursos. Retrieved from <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2010/07/19/131479>
- Ministerio de Industria Turismo y Comercio. (2009). Resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020, 1–64. Retrieved from http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Resumen_PER_2011-2020_15f3dad6.pdf
- Navalón Burgos, B. (2008). Agua para la energía. Retrieved from https://zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/S2-P1-Baldomero_NavalonACC.pdf
- NETL. (2008). Water Requirements for Existing and Future Thermoelectric Plant Technologies. Pittsburgh, United States.
- NETL. (2010). Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants.
- ONU-DAES. (2014). Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” 2005-2015. Área temática: Agua y energía. Retrieved April 2, 2019, from https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_energy.shtml
- Pradillo, B. (2015). Estrés del agua. Retrieved April 2, 2019, from <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/estres-agua>
- Red Eléctrica de España. (2017). *Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2016*. Madrid. Retrieved from https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Re-novables-2016-v2.pdf
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2011). *Global Status Report, Renewables 2011*. París. Retrieved from

http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2011_FINAL.pdf

- Rodríguez, D. (2015). Agua para la energía: el programa Thirsty Energy. 9^o *Foro Agua Para El Desarrollo 2014*, 41–49.
- Rodríguez, D. J., y Sohns, A. (2014). ¿Restringirá el agua nuestro futuro energético? *Water Monographies*, 14–23.
- Severiche S., C. A. (2013). EI AGUA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN ENTORNOS DE SOSTENIBILIDAD. *Revista de La Escuela de Ingenierías y Arquitectura*, (09), 1–6. Retrieved from <file:///C:/Users/patricio1/Downloads/Dialnet-EIAGuaYLaGeneracionDeEnergiaEnEntornosDeSostenibil-4762995.pdf>
- Susan, C., y Payne, J. G. (2014). 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 DI). *Water Monographies*, 31–43. Retrieved from <https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/wm-ii-esp.pdf>
- Torcellini, P., Long, N., y Judkoff, R. (2003). *Consumptive Water Use for US Power Production*. United States. Retrieved from <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33905.pdf>
- UNED. (2016). Energía y Desarrollo Sostenible. Retrieved from <https://www2.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/sistemas.htm>
- US EPA. (2009). Clean Water Act. *US EPA*.
- WWAP. (2014). *The United Nations World Water Development Report 4*. Paris.