



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

DESERTEC COMO UNA POSIBLE ALTERNATIVA DE
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANTE EL CAMBIO
CLIMÁTICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

DANIELA SANDOVAL MARTÍNEZ

DIRECTOR: DR. SAMUEL IMMANUEL BRUGGER JAKOB



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. MAYO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mis abuelos maternos, Enriqueta Sánchez Castro y Primo Constantino Martínez Tamayo ya que ellos han sido mi ejemplo a seguir desde pequeña y quienes me inculcaron la pasión por el estudio. A mi Ila no sólo por haber sido una de las primeras mujeres egresadas de la Facultad de Economía en tiempos cuando las mujeres no estudiaban y eran mal vistas en un salón de clases pero también por su amor hacia Dios, la bondad y dulzura que la caracterizaban siempre, la valentía que poseía, su maternidad y amor hacia su familia, esa pasión que tenía por trabajar hasta el último día que su cuerpo le permitió y su necesidad por tener un impacto positivo en nuestro país por eso y mucho más siempre será mi ejemplo a seguir.

Agradecer a mi Dios porque sin duda si no fuera por Él y por su amor no habría llegado a ser la persona que hoy soy. Para Él sea la gloria y honra en todo lo que haga hoy y siempre.

A mi esposo Joram ter Borg, por su amor y apoyo incondicional que día a día me ha brindado. En este mundo nos fuimos a encontrar en el lugar y tiempo menos esperado y desde ese momento mi vida ha sido una aventura. Definitivamente mi vida no sería lo mismo sin ti y has hecho de este viaje de la vida el mejor que pude haber soñado. Te amo.

A mi familia, a mis hermanos Ayari y Marco Diego, por haber estado conmigo toda mi vida y en especial a mi mamá por siempre ser tan fuerte, habernos amado como nadie más lo ha hecho y por habernos inculcado los valores que hoy nos caracterizan y las ganas de salir adelante. Gracias a ella y estos 24 años que me ha dedicado por y para ella hoy entrego este trabajo.

A todos mis amigos que me han amado y apoyado a lo largo de mi vida y en especial esas personas que han sido de gran bendición en este proceso para concluir mis estudios de licenciatura a Esther Arentsen y Hanna Wolff ya que sin su apoyo, cuidado y cariño cada semana en los últimos meses nunca hubiera podido terminar este trabajo; a Lalo por su tiempo y sabiduría que me brindó a lo largo de la elaboración de la tesis.

A mi familia adoptiva, Verito, Rubén, Mat y Pauchis. Gracias por ser parte de mi vida y por haberme dejado ser parte de su familia. Definitivamente cada uno ha tenido un impacto en mi vida que la ha cambiado para siempre. Gracias por el amor y cariño que he recibido de ustedes 4. Rubén y Vero ustedes han jugado un papel muy importante en mi interés por el medio ambiente y gracias a su sabiduría y consejos pude empezar a redactar este trabajo y quiero seguir estudiando para poder tener un impacto positivo en nuestra sociedad, país y ¿porqué no? mundo.

Y a Samuel Brugger y Nancy Dávila por haber sido coautores de este trabajo y haberme compartido su experiencia y conocimientos en la materia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1. LA REALIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO	8
1.1. Cambio Climático	8
1.2. Calentamiento global.....	10
1.3. Lo que causa el calentamiento de la tierra.....	11
1.3.1. Función de la atmósfera en la Tierra.....	11
1.3.2. El efecto invernadero	12
1.3.3. Componentes de los gases de efecto invernadero (GEI)	13
1.4. Cambios en el clima: sus consecuencias	20
1.5. Es cuestión de todos, no de sólo unos cuantos.....	25
2. CAMINANDO HACIA ENERGÍAS LIMPIAS	27
2.1. El papel que juega la ciencia económica en el medio ambiente	28
2.1.1. La economía ecológica y la economía ambiental	30
2.2. Usos de la energía	39
2.3. Emisiones de CO ₂	41
2.4. La Revolución limpia	46
2.5. Energías limpias/ renovables.....	47
2.5.1. Tipos de Energías Renovables.....	51
3. DESERTEC UNA ALTERNATIVA ANTE EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO 59	
3.1. DESERTEC: un proyecto capaz de romper con los esquemas convencionales para la generación y abastecimiento de energía eléctrica.....	60
3.2. Usando las tecnologías existentes para el concepto DESERTEC.....	65
3.3. Del concepto DESERTEC a la región EU-MENA.....	66
3.4. Del Libro Blanco a la puesta en marcha de la Joint Venture Dii.....	75
3.5. Conclusiones del capítulo: ¿Utopía o realidad?, un análisis de la visión Desertec.....	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	90

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un tema que en los últimos años ha sido materia de debate, polémica y también de preocupación. También ha sido materia de investigación, concientización y de búsqueda de soluciones que a su vez, trae consigo un poco de esperanza. La crisis climática que el planeta hoy enfrenta, ha dejado de ser una especulación para convertirse en una realidad que amenaza a todas y cada una de las especies, incluyendo al ser humano. Inclusive, se han registrado extinciones de especies a causa de éste fenómeno natural que se ha ido acelerando debido a la intervención humana. Pero si es un fenómeno natural, ¿Por qué hay que preocuparse? La rapidez con la que éste fenómeno está sucediendo es lo que no está bien y puede traer consigo consecuencias devastadores para el planeta Tierra y para todas las especies que en éste habitan. Éste mismo aceleramiento en los cambios en el clima es consecuencia principalmente de la desmesurada actividad humana “El impacto humano sobre el clima es claro y conciso, estamos liberando más dióxido de carbono CO₂ a la atmósfera actualmente que en cualquier otra época de la historia conocida” (Pernick & Wilder, 2008, p. 33).

Pero la buena noticia es que ésta misma humanidad que es la principal responsable del cambio climático está aún a tiempo de tomar medidas que pueden ayudar a frenar el aceleramiento en el cambio del clima y buscar la sustentabilidad del planeta. Los avances tecnológicos le han ofrecido y permitido al hombre tener una vida más fácil y cómoda, productiva y efectiva. Pero a su vez estos mismos estilos de producción y de estilo de vida han sido los que, principalmente en los últimos siglos, se han encargado de ir dañando las condiciones atmosféricas que se están observando en la naturaleza. Uno de los principales contaminantes de la atmósfera es generado en grandes cantidades con la quema de combustibles fósiles para proveer entre otras cosas, uno de los mayores inventos del hombre, la electricidad.

El reciente calentamiento del planeta es el resultado de las diferentes actividades e inventos humanos

La opinión científica mayoritaria hoy en día es que nuestro planeta está experimentando un calentamiento, por encima de las variaciones normales, que casi con toda seguridad se debe a las actividades humanas que tienen que ver con la fabricación a gran escala. El proceso empezó a finales del siglo XVIII con la Revolución Industrial,

cuando el trabajo manual y la energía animal e hidráulica empezaron a ser sustituidos o aumentadas por máquinas (Friedman, 2010, pág. 92).

Fue a partir de este momento, en pleno siglo XVIII y con el invento de la máquina de vapor, que la energía sufrió una grande revolución que un siglo después giraría en torno a los combustibles fósiles. Esta revolución según relata Friedman (2010, pág. 92) estaba enfocada al uso de la energía que tuvo grandes repercusiones en la economía, especialmente en la producción de bienes y servicios:

La Revolución Industrial fue sobre todo una revolución en el uso de la energía. Normalmente se considera que se inició con la máquina de vapor, basada en la conversión de la energía química de la madera y el carbón en energía térmica y luego en trabajo mecánico, principalmente a través de maquinaria industrial y de locomotoras. Finalmente el carbón reemplazó a la madera porque, al igual que la masa, el carbón produce el doble de energía que la madera [...] y porque su empleo contribuía a salvar lo que quedaba de los bosques templados del planeta. El carbón se usaba para producir calor destinado directamente a los procesos industriales, incluida la metalurgia, y a calentar las casas, así como a alimentar las máquinas de vapor. Cuando apareció el petróleo a mediados del siglo XIX, un par de décadas antes que la electricidad, se quemó en forma de queroseno en lámparas para alumbrar, sustituyendo al aceite de ballena. También se empleó para calentar edificios y en manufacturas, así como en forma de combustible para motores utilizados en la industria y transporte. En pocas palabras, podemos decir que los humanos necesitan y emplean la energía principalmente para alumbrarse, calentarse y realizar trabajos mecánicos y de transporte, así como para producir electricidad, que puede emplearse para tres finalidades antedichas y para otras que ninguna de esas tres incluye, como las comunicaciones electrónicas y el procesamiento de información. Desde la Revolución Industrial, todas esas funciones de la energía se han validado principalmente, aunque no exclusivamente, de los combustibles fósiles que emiten CO₂.

Hoy día la energía eléctrica es esencial para el hombre, pareciera que ya no es posible para éste subsistir sin ella, y en gran parte esto es real; un día sin electricidad tan sólo en una metrópoli, causaría enormes pérdidas monetarias y un paro por completo de actividades; hay una dependencia enorme en la electricidad. Es un tanto irónico que aquello que es vital para la humanidad es lo mismo que forma gran parte de lo que la pueda llegar a destruir. Pero debido a su importancia para las actividades de cualquier tipo es necesario encontrar alternativas para que su generación y uso no sean tan dañinos para los ecosistemas. El día de hoy, es imposible

desarrollarse sin la electricidad pero al mismo tiempo las emisiones provocadas principalmente por la quema de combustibles está afectando al planeta y sí no se hace algo un día podría ser el causante del freno de cualquier tipo de desarrollo y crecimiento. Por lo mismo es necesario encontrar alternativas que no dañen y ayuden a preservar el ecosistema. Es aquí cuando las tecnologías limpias entran y juegan un papel que brinda esperanza ante la situación actual,

Parto del principio fundamental de que nosotros, como sociedad global, necesitamos crecer, porque sin crecimiento no hay desarrollo y, sin él quienes están sumidos en la pobreza no saldrán nunca de ella. Pero no puede haber crecimiento basado en las emisiones de CO₂ provocadas por los infernales combustibles sucios. Necesitamos un crecimiento basado, en la medida de lo posible, en celestiales combustibles limpios. Por lo tanto para empezar, necesitamos un sistema que estimule una gran cantidad de innovación y desarrolle electrones abundantes, limpios, fiables y baratos [...] la capacidad de generar electrones limpios no es una solución para todos los problemas, pero permite encontrar soluciones a más problemas que cualquier otro factor aislado” (Friedman, 2010, págs. 284-285).

Incrementando el uso de éstas y encontrando el balance adecuado entre un *mix* o mezcla de fuentes eléctricas grandes impactos positivos se podrían lograr a obtener en materia ambiental.

El problema del cambio climático actual es algo que le concierne a todas las naciones y a todos sus habitantes. Es un problema que es tan real que ya es imposible pasarlo desapercibido y las energías limpias juegan un papel clave que puede llegar a contribuir grandemente ante la crisis climática.

Pero sabiendo entonces cuál es el problema y una de sus principales posibles soluciones ¿cómo puede llevarse a cabo esto? Aquí es cuando el concepto Desertec puede ser la respuesta a ésta pregunta y se convierte en el caso de estudio del presente trabajo. Un concepto que aún no se lleva a cabo pero que posee propuestas ambiciosas en cuanto a la generación de energía eléctrica por medio de recursos renovables como alternativa ante el problema del cambio climático. Pero su propuesta va más allá de únicamente la generación de electricidad por medio de energías renovables sino que incluye factores clave económicos como lo son la inversión extranjera y las importaciones y exportaciones. Este concepto se convierte en una de las propuestas más ambiciosas en la materia energética del siglo con la

publicación de los resultados de sus diversos estudios *Clean Power from Desserts: The Desertec Concept for Energy, Water and Climate Security* también conocido como el libro blanco (White Book). En este libro se plantea la creación de una red que conecta a más de 50 países para la generación, importación y exportación de electricidad y destilación de agua. Esta red se propone crearla con países de tres diferentes regiones geográficas: Europa, Medio Oriente y el Norte de África.

Pero ¿cuál es la viabilidad de un proyecto de tal magnitud? ¿Qué factores son claves? ¿Qué problemas y retos enfrenta? ¿Cuáles son sus impactos económicos? ¿Cuáles son sus impactos climáticos? Estas son, entre otras, algunas de las principales preguntas que se pretenden responder con el presente trabajo. El objetivo de este trabajo es analizar el papel que juega el concepto Desertec, al fomentar el impulso y aprovechamiento de los recursos renovables como principal insumo para la generación de electricidad por medio de tecnologías limpias, desde una perspectiva económica al aplicarse a proyectos ambiciosos, como se pretende en la región de Europa, Medio oriente y el Norte de África (EUMENA), convirtiéndose así en una alternativa positiva para la generación de electricidad y sobre todo logrando mitigar los problemas del medio ambiente. De esta manera se cubre una necesidad indispensable para las actividades humanas y a su vez se tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en la preservación del mismo.

La tesis se estructura en tres capítulos. En el primer capítulo se expone lo que el cambio climático es y la diferencia entre éste y el cambio climático antropogénico. La diferencia entre estos conceptos es esencial para poder comprender la gravedad de la situación de la crisis climática. Posteriormente se explica lo que él entre calentamiento global es y su relación con el cambio climático. También se expone en éste capítulo lo que los gases invernadero son, y sus principales causante así como algunas de las consecuencias que ya se han visto y que están por venir gracias al cambio climático. Finalmente se plantean recomendaciones y acciones que deben de tomarse o que ya se han empezado a tomar desde lo particular hasta niveles internacionales, por ejemplo la creación de políticas orientadas hacia la lucha contra el cambio climático. Se menciona desde lo particular ya que lo que hoy se está enfrentando es tarea que le pertenece a todas las personas y no únicamente a grandes instancias internacionales.

El segundo capítulo empieza ligando el papel que la ciencia económica juega en el ambiente y cómo ésta no es ajena al cuidado y preservación de los ecosistemas. Se explica brevemente la diferencia entre la economía ambiental y ecológica y del cómo son

fundamentales en el estudio de asuntos ecológicos como medio ambientales. Posteriormente se habla sobre la importancia de la generación de energía eléctrica y sus diferentes usos y su liga con la economía. Además se explica la gravedad que la forma convencional de producción de electricidad representa para el medio ambiente y se analizan los principales países emisores de dióxido de carbono en los últimos años. Finalmente se aborda el tema de las tecnologías limpias son, su posición en el mercado, diferentes tipos y la diferencia que éstas pueden lograr en el futuro climático. Este capítulo es clave ya que muestra las diferentes posibilidades y oportunidades que las tecnologías limpias brindan para el futuro así como su importancia y la gran necesidad que representa para la economía mundial.

El tercer y último capítulo trata el concepto Desertec y las propuestas que éste conlleva. La más importante y ambiciosa hasta el día de hoy, es la de la región EUMENA. Este apartado explica brevemente lo que conforma esta propuesta y analiza desde un punto económico, los principales retos así como las principales oportunidades que este proyecto conllevaría. El análisis económico está basado en la información prevista y proyectada por diferentes personas e investigadores que tienen una misma meta y visión: aprovechar los recursos naturales, renovables para la generación de electricidad tomando como ventaja la ubicación geográfica (que es el punto clave) de diferentes países y/o regiones. Pero más allá de proponer el impulso de las tecnologías limpias este proyecto se centra básicamente en la inversión de las tecnologías limpias y de la creación de una red eléctrica interconectada entre más de 50 países para así poder lograr abastecer de una manera eficaz la electricidad y permitir así la exportación de la misma. Un proyecto como lo es el de la región EUMENA representa también oportunidades especialmente en los países en desarrollo de poder ser más competitivos por medio de la inversión de los países desarrollados en tecnología y educación.

Finalmente en el último capítulo se presentan las conclusiones de la investigación así como recomendaciones y posibles futuros casos de estudio.

La hipótesis central que rige el presente trabajo es que “el caso de estudio específico de la región EUMENA basado en el concepto Desertec es un proyecto ambicioso que tiene buenas expectativas de éxito económico en cuanto a la generación de electricidad por medio de tecnologías limpias y de su intercambio, alcanzando así diferentes impactos económicos positivos en las diferentes regiones involucradas y obteniendo como resultado final un impacto positivo ante el fenómeno del cambio climático”.

1. LA REALIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Hoy en día el mundo se encuentra en una crisis económica. Una crisis que ha afectado a la mayoría de los países y sus habitantes cambiando la forma en que se percibe y se planea el futuro. Esta crisis afecta directamente a las teorías económicas e invita a los especialistas a buscar nuevas alternativas y soluciones para poder estabilizar la economía mundial y perjudicar lo menos posible a las personas.

Así como en el último cuatrimestre del año 2008 se anunció una crisis económica que rápidamente se esparció afectando en gran manera a todo el globo, la humanidad enfrenta otra crisis que no sólo afecta a unos cuantos sino a cada persona, a cada ser vivo sobre la faz de esta tierra. Esta crisis es la crisis climática que está relacionada con el cambio climático antropogénico. Esta crisis no empezó hace 4 años si no ha sido el resultado de una serie de acontecimientos a lo largo del tiempo y que en los últimos años se ha agravado hasta el punto de poner en peligro de extinción a numerosas especies e inclusive hasta la misma humanidad.

Los términos “Cambio climático”, “Calentamiento global” y “efecto invernadero” han pasado de ser términos especializados o científicos a ser parte del vocabulario cotidiano, a formar parte de pláticas diarias y comunes. Es importante conocer en qué consiste esta crisis y de qué forma afecta a los seres vivos; cuál es el origen de este fenómeno, conocido como el cambio climático, y cuáles son las alternativas para detener su rápido aceleramiento.

En este capítulo se presentan las definiciones de términos científicos tales como cambio climático, calentamiento global y efecto invernadero así como las causas de estos y repercusiones que pueden tener en la vida sobre este planeta. Posteriormente se muestran algunas de las consecuencias que se han presentado, así como proyecciones esperadas de éstas mismas a futuro. Después se hace referencia a diferentes alternativas para poder combatir el cambio climático desde lo particular para poder tener así un efecto positivo global y se presentan algunas alternativas de solución. Y finalmente, se presenta un cuadro sobre algunas de las acciones que se están tomando a nivel nacional e internacional para combatir la crisis climática y buscar esperanza para la vida sobre este planeta.

1.1. Cambio Climático

Los términos “cambio climático” y “calentamiento global” suelen ser usados en lenguaje cotidiano pero, sin embargo, el hecho de que sean usados comúnmente no significa que sean usados correctamente o que si quiera sean comprendidos y entendidos por las personas. Para

poder hacer un análisis profundo sobre el gran problema climático que hoy en día el planeta Tierra está enfrentando es necesario tener claro el significado de estos términos.

El concepto de Cambio Climático ha ido cambiando a lo largo del tiempo, inicialmente este término hacía referencia al cambio natural y ordenado a largo plazo presentado en el clima a lo largo de ciertos periodos de miles de años. *“El cambio climático es el cambio a largo plazo de los patrones del tiempo sobre periodos que van del orden de décadas a millones de años. Es algo que se produce de forma natural constantemente”* (Gómez y Romanillos, 2012, p. 13). Pero debido a que se presentó un cambio en este proceso natural influenciado por la actividad humana una nueva denominación surgió que hace referencia específicamente a esta intervención *“la expresión 'cambio climático' es más amplia, pero hoy se aplica a la época moderna y pasa a denominarse cambio climático antropogénico, es decir, causado por la actividad humana”* (Gómez y Romanillos, 2012, p. 13). En pocas palabras se podría decir que el cambio que hoy es percibido en el clima en la Tierra no es un proceso completamente natural, ya que este cambio ha sido acelerado por la actividad humana. Dándole así un giro al significado del concepto de cambio climático que pasa de un proceso enteramente natural a un cambio climático antropogénico.

Es importante no subestimar al cambio climático natural ya que gracias a estos cambios en el clima se pudo concebir la vida tal y como hoy en día se conoce al aumentar la temperatura del planeta. Pero, no todos los efectos del cambio climático son positivos, sino también hay aquellos efectos que se conocen como *“efectos adversos del cambio climático”* que son los que pueden afectar a los ecosistemas y especies repercutiendo en la actividad socioeconómica y en el bienestar humano *“Por 'efectos adversos del cambio climático' se entiende los cambios en el medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos”* (ONU, 1992, p. 3).

En 1992, cuando la Organización para las Naciones Unidas (ONU) determina oficialmente que: *“por 'cambio climático' se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables”* (ONU, 1992, p. 3). El concepto empezó a usarse con el sentido del cambio en el clima provocado por el hombre. Gracias a ésta definición y debido a que actualmente es la referida

al concepto de cambio climático, a lo largo de la investigación se hará referencia al cambio climático antropogénico como cambio climático.

1.2. Calentamiento global

El calentamiento global se refiere a la explicación del proceso de calentamiento de la atmósfera como consecuencia de la intervención humana. “El término calentamiento global ha sido usado comúnmente en los últimos años y usualmente se refiere al reciente calentamiento de la atmósfera de la Tierra, lo que también implica la influencia o algo hecho por el hombre¹” (Rosser, 2008, p. 23).

Pero, ¿Qué es lo que ha hecho el hombre que ha provocado que la temperatura media en la Tierra aumente? La gran cantidad de personas que actualmente habitan en el mundo y la demanda que éstas requieren para vivir, el consumismo y los avances tecnológicos son entre otros los causantes del rápido aceleramiento en el cambio en el clima “sin embargo, en los últimos cien años y, sobre todo, en las últimas décadas se han producido variaciones anormales del clima que, según se ha constatado, están causadas por las actividades humanas, principalmente por la producción de energía, la industria, el transporte, la agricultura y la ganadería” (Ripa, 2011, p. 55). Estas variaciones han provocado un incremento de la temperatura media del planeta que finalmente han llevado a que el clima cambie drásticamente, “el calentamiento global es el incremento de la temperatura media del aire cerca de la superficie de la Tierra y de los océanos desde mediados del siglo XX, y su aumento previsto. El calentamiento global está causado por el ser humano y se apoya en cifras concretas” (Gómez y Romanillos, 2012, p. 13). Entonces se puede concluir que el calentamiento global es el calentamiento del planeta Tierra por encima de lo que en su proceso natural debería aumentar: “Este efecto de aumento de la temperatura media del planeta por encima de la que cabe esperar de forma natural se ha denominado *calentamiento global*, es decir, el calentamiento de todo el globo terráqueo” (Ripa, 2011, p. 62). Este aumento en la temperatura media es atribuida por la mayoría de los científicos al incremento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y que son el resultado de diferentes actividades humanas tales como: la quema de combustibles fósiles, deforestación y el uso de aerosoles entre otros (Gómez y Romanillos, 2012).

¹ The term ‘global warming’ has been in common usage for some time and usually refers to recent warming of Earth’s atmosphere, which also implies a manmade or human influence.

Hoy en día ambos términos, cambio climático y de calentamiento global, se usan haciendo referencia a la intervención humana. Ambos conceptos abarcan el tema del cambio observado en la temperatura de la Tierra debido a la intervención humana y sus repercusiones. Como se puede observar en sus explicaciones, ambos son sinónimos, sólo que como bien lo dicen sus nombres, el cambio climático se enfoca más en las consecuencias en el clima y naturaleza causadas por el calentamiento global mientras que éste segundo se enfoca y explica el proceso y efecto que el hombre ha tenido en el aumento de la temperatura del planeta Tierra en las últimas décadas.

1.3. Lo que causa el calentamiento de la tierra

La alteración en el cambio del clima y rápido aceleramiento con el que se está modificando la temperatura de la Tierra se atribuye principalmente a la actividad humana pero, ¿A qué específicamente? ¿Qué es lo que dentro de esta actividad humana provoca que el clima esté cambiando?

1.3.1. Función de la atmósfera en la Tierra.

Para poder explicar que es lo que causa el calentamiento en la atmósfera es necesario comprender y entender cómo es que funciona ésta misma. La atmósfera es una gran capa conformada por gases que cubre la Tierra y permite la vida y está formada por 5 distintas capas: la parte inferior es la troposfera luego sigue la estratosfera, la mesosfera, la termosfera y por último se encuentra la exosfera. Es gracias a esta gran capa que la energía solar puede entrar al planeta en forma de rayos solares y mantener la temperatura adecuada para que exista vida en ella, pues cuando estos rayos entran lo que hace esta capa es retener parte de la energía de ellos en forma de calor.

La Tierra pierde calor por irradiación. Se calienta durante el día a causa de los rayos del sol. Cuando el sol se pone, es como si apagáramos el fuego de la cocina. El objeto más caliente pierde el calor por irradiación hacia el objeto más frío, en este caso el aire, hasta que ambos tienen la misma temperatura. Si tapamos una cazuela caliente en la cocina, tarda más en enfriarse. La Tierra es como una gigantesca cazuela calentada por el sol. Cuando, por la noche, en la zona no iluminada por el sol, empieza a perder calor, se enfría más despacio, porque los gases invernadero actúan como tapadera, una tapadera muy fina, pero suficiente para mantener la temperatura en niveles habitables hasta que vuelva a salir el sol (Gómez y Romanillos, 2012, p. 128).

Este conjunto de gases que conforman a esta capa, son los conocidos como gases de efecto invernadero ya que tienen la función de un invernadero; deja que entre la energía solar y antes de que salgan la retiene en forma de calor. “Podemos imaginar esta capa de gases como una burbuja alrededor de la Tierra que, al funcionar como las paredes transparentes de un invernadero, deja pasar la energía procedente del Sol, pero antes de que se escape retiene parte de esta energía en forma de calor” (Ripa, 2011, p. 61). Los principales gases de efecto invernadero (GEI) que ayudan a mantener la temperatura adecuada en la atmósfera son los siguientes: el vapor de agua (H₂O)², el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), ozono (O₃) y clorofluorocarbonos (denominados también CFC). Estos gases se encuentran en diferentes cantidades en la atmósfera pero son los principales reguladores del clima sobre la Tierra, sin la presencia de estos no sería posible la vida que actualmente se conoce. Gracias a estos gases la temperatura de la Tierra se mantiene entre 14° y 15°.

1.3.2. El efecto invernadero

Como se puede observar el efecto invernadero así como el cambio climático son en sí procesos completamente naturales. ¿Entonces, qué es lo que está pasando si son procesos naturales? ¿Por qué estos procesos están afectando y amenazando a los seres vivos sobre este planeta? Simplemente porque nada es bueno en exceso y es precisamente el exceso de estos gases en la atmósfera el que puede destruir la vida.

Existen dos tipos de gases invernadero: el natural y el intensificado. El primero es el que se explicó en el apartado anterior, el que es de forma natural e indispensable para la vida, mientras que el efecto invernadero intensificado es aquel que es el resultado de gases en la atmósfera procedente de actividades humanas

Además de este efecto invernadero natural, actualmente existe un efecto invernadero intensificado, producido por gases generados por actividades humanas. Cuando en el marco de las medidas para reducir el calentamiento global se habla de reducir la emisión de GEI, se hace referencia a la reducción de los de origen antrópico o antropógenos, esto es, resultantes de la actividad del ser humano o producidos por éste, y, por tanto, sobre los que podemos actuar (Ripa, 2011, p. 61).

² El vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es el que más contribuye al efecto invernadero debido a la absorción de los rayos infrarrojos. Es inodoro e incoloro y, a pesar de lo que pueda parecer, las nubes o el vaho blanco de una cacerola o un congelador, vulgarmente llamado "vapor", no son vapor de agua sino el resultado de minúsculas gotas de agua líquida o cristales de hielo. Este gas se da de forma natural por lo que para el estudio del cambio climático de forma antrópica no tiene mayor relevancia.

Estos GEI son los que provocan que la Tierra se caliente y el clima cambie, afectando a todos los seres vivos de este planeta ya que la principal función de estos gases es retener calor en el planeta, por lo tanto entre más gases existan en la atmósfera mayor será la cantidad de calor retenida dentro de ella, lo que provoca que se caliente mucho más la Tierra y el clima cambie mucho más rápido y bruscamente de lo que debería hacerlo. “Los gases invernadero retienen el calor cerca de la superficie terrestre. A medida que aumentan en la atmósfera, el calor adicional que retienen conduce al calentamiento global. Este calentamiento, a su vez, influye en el sistema climático de la Tierra, y puede llevar al cambio climático” (Flannery, 2007, p. 31). Es por eso que cuando se habla del calentamiento global se habla también de los GEI ya que el calentamiento global es meramente el resultado del exceso de GEI acumulados en la tierra que producen que la tierra se caliente más y genere un cambio en el clima.

1.3.3. Componentes de los gases de efecto invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero juegan un papel primordial en la retención del calor en la atmósfera, pero ¿a qué se debe esto? Una de las principales razones son sus componentes y a continuación se explica cada uno de ellos.

Vapor de agua

El vapor de agua es gas con efecto invernadero más abundante, siendo el responsable de las dos terceras partes del efecto invernadero natural (Ripa, 2011, p. 62). Esto sucede debido a que su molécula es la que absorbe fácilmente la radiación infrarroja emitida por la Tierra y la retiene en forma de calor (Gómez y Romanillos, 2012, p. 130).

Realmente las actividades humanas no son las responsables de que este gas esté presente en la atmósfera ya que se forma como parte del ciclo natural del agua. La forma en que este gas contribuye al efecto invernadero es porque se calienta el aire como consecuencia de las actividades humanas e intensifica la retención de humedad en forma de vapor de agua que provoca que aumenten las temperaturas (Ripa, 2011, p. 63). Podría decirse que es como un “círculo vicioso” ya que entre más se genere vapor de agua (por el ciclo natural del agua y por actividades humanas) más caliente estará el planeta lo que provoca que mayor vapor de agua sea retenido por el aire aumentando tanto el efecto invernadero así como las precipitaciones

En las zonas cálidas, la mayor cantidad de vapor de agua en el aire hace que el efecto invernadero sea mayor. Y, a medida que la Tierra se calienta, aumenta la cantidad

de vapor de agua que puede contener el aire en el conjunto del planeta. Con ello, aumenta el efecto invernadero y también las precipitaciones [...] el calentamiento de la atmósfera implica un aumento del vapor de agua y del efecto invernadero (Gómez y Romanillos, 2012, p. 130).

Dióxido de Carbono (CO₂)

Cuando uno lee sobre el cambio climático, calentamiento global y/o efecto invernadero es inevitable leer algo relacionado con el CO₂, ya sea sobre sus emisiones o de que acciones tomar para disminuirlas, el efecto dañino que tiene sobre el ambiente, estadísticas de los principales países emisores de este gas, etc. La necesidad de mencionarlo constantemente y de saber el efecto que este tiene sobre el ambiente se debe a que este gas es el segundo gas más importante en el proceso de efecto invernadero y gran responsable de que el efecto invernadero se intensifique año con año propiciando el cambio climático. “Después del vapor del agua, el dióxido de carbono es el segundo gas más importante en este proceso, seguido por el metano” (Gilpin, 2003, p. 237).

El CO₂ es un gas inodoro e incoloro formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Por su composición este gas que proviene de emisión natural y de emisiones causadas por el hombre, es uno de los encargados junto con los otros GEI de retener la irradiación de la Tierra sin dejar que escape al espacio y emitiéndola posteriormente en forma de calor (Gómez y Romanillos, 2012, p. 140). De hecho la vida es posible gracias a esta molécula ya que sin esta no podría la fotosíntesis seguir su ciclo y por lo tanto no se podría tener oxígeno para respirar y poder vivir. El papel que tiene este gas en la vida es sumamente importante, es indispensable para la existencia de los seres vivos. Pero ¿Cómo es posible que este gas pueda a su misma vez llevar a la vida a su destrucción? Este es el otro lado de la moneda, y se regresa a lo mismo, el exceso mata y destruye.

A continuación se presentan algunas de las funciones que tiene el CO₂ en la naturaleza y porque se dice que es indispensable para la vida.

Funciones naturales del CO₂:

- Gas absorbido por medio de los estomas de las hojas y se transforma en compuestos como el azúcar, almidón, y otros carbohidratos, proteínas y grasas (Gilpin, 2003).

- El CO₂ es muy importante en el planeta Tierra ya que es el encargado de mantener en equilibrio la vida para cualquier tipo de ser vivo. Funciona como catalizador del vapor del agua.
- Permite a la Tierra mantener su nivel de temperatura.
- Los seres humanos absorben oxígeno y despiden CO₂ del cual la mitad de todo ese CO₂ es absorbido por la vegetación para pasar por el proceso de fotosíntesis (Gómez y Romanillos, 2012).
- También es absorbido por los océanos para formar carbonatos (Gómez y Romanillos, 2012).
- Un dato interesante del CO₂ es que su presencia no es exclusiva del planeta Tierra sino también en otros planetas. Este componente se encuentra en Venus y Marte, pero a diferencia con la Tierra, en estos otros dos planetas, cubre casi toda su atmósfera (en un 95%). Por lo que se puede ver que en los planetas sin vida abunda el CO₂ y en el único planeta donde hay vida se encuentra pero en cantidades moderadas sirviendo como un regulador. Por lo tanto se puede concluir que su cantidad sí importa para la vida (Gómez y Romanillos, 2012).

Probablemente no se tiene en cuenta la importancia y esencialidad que el CO₂ es para la vida: “la fotosíntesis, que es el proceso por el cual las plantas y árboles absorben el CO₂ y producen oxígeno, no podría ocurrir sin el CO₂³” (Rosser, 2008, p. 115).

Es imposible vivir sin este componente pero a la vez no es posible vivir con grandes cantidades de éste mismo presente. El problema no es el componente pero la cantidad. Ya que cada vez hay más CO₂ en la atmósfera pero también cada vez hay menos árboles que lo absorban para convertirlo en oxígeno.

CO₂ emitido por el hombre

Todos los seres vivos emiten CO₂ cuando respiran pero también el humano con las actividades cotidianas es el responsable de que cada vez esta molécula se encuentre en mayores cantidades en la atmósfera. Las emisiones que no son naturales de CO₂ se originan principalmente de la quema de combustibles fósiles, los cuales forman parte de la vida cotidiana. “El CO₂ es un producto residual de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y

³ Cita original en inglés “CO₂ is also essential for life on Earth. Photosynthesis, the process by which plants and trees absorb CO₂ and produce oxygen, could not occur without it.”

gas), que son usados por la mayoría de las personas para la calefacción, el transporte y necesidades energéticas” (Flannery, 2007, p. 41). Es muy común que un individuo no se cuenta de que las actividades rutinarias que realiza afectan al ambiente

Los contaminantes causantes del calentamiento global provienen de numerosas actividades diferentes, especialmente de la producción de electricidad, la industria, la agricultura y la ganadería, la deforestación y el transporte. El dióxido de carbono, el más común de estos gases, ingresa a la atmósfera proveniente del procesamiento y la quema de carbón (y otros combustibles fósiles) para la producción de electricidad y calor; la quema de bosques y residuos agropecuarios; el transporte terrestre, aéreo y marítimo, y el carbono congelado que está empezando a liberarse a causa del descongelamiento del permafrost, por mencionar solo unas pocas fuentes (Gore, 2010, p. 34).

Cada vez hay una mayor presencia del CO₂ en la Tierra y muy pocas personas se percatan de esto por lo que no toman acciones para disminuir las actividades que generan CO₂: “Creamos CO₂ cada vez que quemamos combustibles fósiles para conducir un coche, preparar la comida, encender una luz, y el gas producido se mantiene en la atmósfera alrededor de un siglo. Así que la proporción de CO₂ presente en el aire que respiramos aumenta rápidamente, y esto está provocado el calentamiento global” (Flannery, 2007, p. 21). Según la autora Isabel Ripa, en 2004 el CO₂ representó un 77% de las emisiones totales de GEI con un total del 80% proveniente de países industrializados (Ripa, 2011, p. 63).

La alta cantidad de CO₂ emitido por las actividades humanas son debidas al alto consumismo que se ha inculcado en las sociedades, es necesario cambiar la forma de pensar individual para poder tener un impacto global, es necesario cambiar la forma de consumir lo que no es necesario a consumir únicamente lo que es necesario, para poder tener un impacto positivo es necesario disminuir el consumo de combustibles fósiles porque si la humanidad no coopera rápidamente en algo tan sencillo como disminuir los viajes en coche o apagar la luz cuando no es necesaria, las consecuencias futuras serán catastróficas ya que el sistema se está colapsando y llegará el día en que ya no pueda sostenerlo y se colapse, destruyendo gran parte de lo que se conoce como vida: “Nuestra civilización y el sistema ecológico de la Tierra están chocando, y la crisis climática es la manifestación más notable, destructiva y amenazadora de esta colisión” (Gore, 2010, p. 32).

Metano (CH₄)

Después del CO₂ el CH₄, es el gas más encontrado en la atmósfera. El metano es un hidrocarburo formado por un átomo de carbono y cuatro de hidrogeno. Este tipo de gas es producido en ambientes con bacterias y poco oxígeno. “Esto puede tener lugar en el vientre de un mamífero o de cualquier acumulación de vegetación, como en los estiércoles usados para obtener biogás o en los grandes depósitos de las zonas pantanosas que han dado lugar a los combustibles fósiles donde, además carbón o petróleo, se forma metano, principal componente de gas natural” (Gómez y Romanillos, 2012, p. 131).

El CH₄ es uno de los gases invernadero que se encuentra en menores cantidades a comparación del CO₂ pero que es mucho más potente ya que retiene mayores cantidades de calor (75 veces más en un periodo de 20 años) que el CO₂ y el aumento de su presencia en la atmósfera está relacionado directamente con la población mundial. “El incremento de metano en la atmósfera guarda estrecha relación con el crecimiento de la población mundial y la demanda cada vez mayor de alimentos” (Gilpin, 2003, p. 243). Asimismo el metano es un componente que es químicamente activo en la atmósfera, ya que a diferencia del CO₂ éste interactúa con otras moléculas, lo que aumenta el grado de efecto que el metano tiene en el efecto invernadero: “el metano, que es menos abundante pero tiene un efecto invernadero mucho más potente, tiene su origen en fuentes tales como el ganado, el cultivo del arroz, la descomposición de los desechos en los rellenos sanitarios y las emisiones fugitivas provenientes del procesamiento del carbón, el petróleo y gas” (Gore, 2010, p. 38).

Es por esta misma razón que aparte de la disminución de consumo de energía eléctrica, que es una de las medidas para disminuir la cantidad de emisiones de este gas, el disminuir el consumo de productos de origen animal y usar productos biodegradables son una alternativa para disminuir la presencia de este gas en la atmósfera. ¿Cómo puede afectar la forma de alimentación en la reducción de un gas invernadero en la atmósfera? La alimentación es básica para subsistir, y a una mayor demanda de alimentos mayor producción habrá. En el caso del ganado y cultivos lo que trae como consecuencia el aumento de la demanda de estos bienes provoca s que se talen cada vez más y más árboles para poder crear pastizales para los animales y para el cultivo de cereales, especialmente del arroz, para alimentarlos aumentando así la cantidad de fertilizantes y plaguicidas utilizados en el mundo. Asimismo, a mayor cantidad de ganado, se produce mayor cantidad de desechos de este: “la mayor cantidad del metano de la actividad agropecuaria proviene del ganado, de los desechos de este y del cultivo del arroz. Y la mayor parte de las restantes emisiones de este gas tienen su origen en la producción de petróleo y gas, el funcionamiento de las minas de carbón, los rellenos

sanitarios, el tratamiento de desechos y la quema de combustibles fósiles” (Gore, 2010, p. 39). Y también la tala inmoderada de árboles crea un desequilibrio en la naturaleza.

Óxido nitroso (N₂O)

El óxido nitroso, formado por 2 moléculas de nitrato y una de oxígeno, tiene un potencial de calentamiento mayor que el del CO₂ y perdura 150 años en la atmósfera. No se sabe exactamente la cantidad que el óxido nitroso atrapa el calor con respecto al CO₂ pero Flannery (2007) menciona que su potencial de atrapar calor es de 270 veces más que el CO₂ mientras que Gómez y Romanillos (2012), menciona que su efecto es de 320 veces más que el del CO₂. Aún no se sabe con certeza la cantidad exacta, lo que sí es seguro es que este gas tiene un potencial mucho mayor con respecto a otros gases para atrapar el calor en él.

Este gas es mucho más escaso que el metano, aun así su contribución total al efecto invernadero va de un 5% a un 6%. Alrededor de un tercio de emisiones globales de este gas proviene de la quema de combustibles fósiles. Hoy en día hay un 20% más de óxido nitroso en la atmósfera del que había en la Revolución Industrial (Flannery, 2007, p. 42).

El N₂O es encontrado principalmente en los fertilizantes nitrogenados y también de la quema de combustibles fósiles

La inmensa mayoría de las emisiones de este óxido de nitrógeno proviene de las prácticas agrícolas que dependen intensamente de fertilizantes nitrogenados y que incrementan en gran medida las emisiones naturales resultantes de la descomposición bacteriana del nitrógeno del suelo [...] También se liberan cantidades menores de óxido nitroso durante la quema de combustibles fósiles, en diversos procesos industriales y en el mal manejo de estiércol del ganado y de las aguas residuales humanas (Gore, 2010, p. 49).

Un ejemplo de esto es el de Estados Unidos y su agricultura. Actualmente, se calcula que cerca del 80% de las emisiones de N₂O, únicamente dentro de Estados Unidos, proviene de la agricultura.

Ozono (O₃)

El ozono es un isótopo formado por tres átomos del oxígeno y se encuentra en la atmósfera entre 19 y los 40 km de altitud (Gómez y Romanillos, 2012). El papel que juega el ozono en

la atmósfera es muy importante ya que es el encargado de filtrar los rayos ultravioleta (UV). Hay ozono presente en la tropósfera (la capa más baja de la atmósfera) producida principalmente por la contaminación atmosférica procedentes de los vehículos y las industrias. Esta contaminación que genera al ozono es de las emisiones de CO₂ ya que cuando hay emisiones de este una pequeña parte de ésta molécula se transforma en ozono con la ayuda de la luz. Este gas es tóxico para los seres humanos y es uno de los componentes del smog. Actualmente el ozono actúa en el efecto invernadero con un 25% del efecto del CO₂ (Gómez y Romanillos, 2012).

Gore (2010) menciona a otras dos familias de contaminantes que contribuyen al calentamiento global. Éstas son la familia de los componentes químicos industriales denominados halocarburos y la familia de los componentes orgánicos volátiles (COV) que incluyen al monóxido de carbono, que son causados por el funcionamiento de automóviles y de camiones y también son causados por la quema de biomasa y de procesos industriales en todo el mundo.

Ripa (2012) también explica la presencia de los gases fluorados (gases sintetizados para fines industriales) y de los aerosoles. Los gases fluorados están constituidos por los hidrofluorcarburos, los perfluorcarburos y el hexafluoruro de azufre. El primer grupo es el que se emplean en refrigerantes, espumas y disolventes de limpieza; el segundo grupo es el que se utilizan en semiconductores, disolventes de limpieza y fabricación de espumas y el tercer componente es el que se utiliza en la producción de magnesio y se utiliza en equipos de alta tensión. Los aerosoles son también contaminantes en la atmósfera. Están formados por diminutas partículas que pueden ser tanto líquidas como sólidas. Algunos aerosoles naturales son la sal marina, restantes de erupciones de volcanes y polvo del desierto; y están también los creados por el hombre como gotitas líquidas de combustibles. Los aerosoles pueden tener diferentes efectos en el tiempo ya que pueden enfriar la temperatura global al reflejar la radiación solar o bien pueden absorberla y calentar la temperatura global. Aún es difícil saber con exactitud el efecto que estos tienen ya que pueden reaccionar de diferente forma enfriando o calentando la temperatura global.

Por último es necesario mencionar a uno de los principales contaminantes y culpables del cambio climático. Éste es el carbono negro o mejor conocido como hollín. Este componente no es un gas sino más bien se forma con minúsculas partículas del carbón que surgen por la quema de este. Es el que uno puede ver el humo de escapes de los automóviles,

en un incendio o en las chimeneas. Una de las principales diferencias con los GEI es que el hollín, aparte de no ser un gas, no absorbe el calor infrarrojo sino el calor proveniente directamente de la luz del sol. Por lo que su capacidad de absorber calor es mucho más grande que la del CO₂. El hollín es generado por la quema de pastizales y bosques para la agricultura, incendios forestales, combustión de biomasa (como la quema de leña, de estiércol de vaca y residuos de la agricultura) y combustión de desechos agrícolas (como residuo de la caña de azúcar y el residuo de cultivo de maíz) (Gore, 2010).

Al Gore (2010) hace hincapié en que uno de los mayores problemas del carbono negro, aparte de ser un fuerte contaminante, es que es uno de los causantes del derretimiento del hielo y nieve, especialmente en altas zonas como el Himalaya y la meseta tibetana, ya que es arrojado por los vientos hasta esta zona y debido a la gran cantidad de calor que este tiene está provocando que se empiecen a derretir grandes cantidades de hielo en esta zona montañosa. Se proyecta que en tan sólo 10 años del 75% de los glaciares Himalaya con áreas menores de 15 kilómetros cuadrados podrían desaparecer.

Después de leer algunos de los efectos que tienen las diferentes actividades humanas sobre el clima es necesario hacer algo para mejorar el futuro al que se ha encaminado a la Tierra y tratar de salvar lo que queda de ella. Es responsabilidad de todos y de cada uno de los seres humanos el empezar a actuar desde lo individual para poder tener un impacto global, es la responsabilidad de cada país de empezar a tomar medidas y políticas para cuidar la Tierra.

1.4. Cambios en el clima: sus consecuencias

Es difícil pensar en un mundo diferente, ni siquiera cabe en la mente el poder imaginarse un mundo sin un polo norte o sin osos polares, focas y renos que en él habitan, tampoco es posible pensar en el mar sin corales que le den color y belleza a éste o imaginarse zonas cubiertas de árboles donde antes existía hielo. Pero un hecho es que el clima está cambiando. “Desde 1900, cada década es más calurosa que la anterior. Entre 1995 y 2010. Se encuentran los 12 años más cálidos desde 1850, año que empezaron a registrarse mediciones con regularidad” (Gómez y Romanillos, 2012, p. 15).

La humanidad se asombra de la belleza y perfección de la naturaleza, pero en la vida cotidiana no toman ni un momento para darse cuenta de los problemas que la están asechando y que han ocasionado el desequilibrio de ésta llevándola a la extinción de hábitats y seres vivos que formaban parte de ella.

El ser humano vive tan envuelto en sus actividades cotidianas y es tan egoísta que le gusta gozar esta belleza y perfección de la naturaleza mas no se da cuenta que es el mismo quien la está destruyendo y para algunas especies ya es demasiado tarde para salvarlas porque ya se han extinguido. La fuerza y aceleración con la que el cambio climático pega a este mundo cada vez es mayor y lo que puede ser irónico es que en este egoísmo del ser humano ante la destrucción de la naturaleza no se da cuenta que su especie también está incluida y tarde o temprano se verá afectada, y si no se toman acciones pronto, cuando éste se percate del problema y quiera hacer algo será demasiado tarde para revertir el problema, y todos tendrán que pagar el precio por más alto que sea.

El derretimiento de los polos, cambios en los ecosistemas, acidez en el mar, extinción de especies, cambios de temperatura son sólo algunos de las consecuencias que esta serie de sucesos han tenido como efecto en la Tierra.

La naturaleza se encuentra conectada, es como una gran cadena que enlaza diferentes aspectos de un ecosistema pero que a su vez los convierte en dependientes el uno del otro y provoca que estos funcionen juntos. Un ejemplo de esta conexión lo detalla Flannery (2007) con el caso de los osos polares o como también son conocidos osos blancos. Los osos polares viven en el Ártico ya que son animales que sólo subsisten en aguas frías y temperaturas muy bajas. Estos animales son carnívoros, su principal fuente de alimento son las focas que también habitan en el polo norte. Para ellos, la acumulación de carbohidratos es la principal fuente de supervivencia.

El océano Ártico cada vez es menos frío lo que está provocando que el hielo se derrita y aumente la temperatura de toda la masa oceánica. Que el océano se vuelva más caliente podría parecer como algo insignificante pero en realidad esto es un gran peligro que causa grandes problemas y gran daño a las especies animales. Uno de estos efectos es que las focas pías no puedan reproducirse ya que esta especie de focas solo puede criar a sus cachorros en aguas congeladas, así que cuando la temperatura cambia estos cachorros no pueden sobrevivir y las focas dejan de reproducirse. Esto afecta a los osos polares ya que las focas son una de las fuentes principales de alimentación de los osos y en el momento en que estas dejan de reproducirse los osos no tienen comida suficiente para sobrevivir y guardan menos grasa en sus cuerpos lo que provoca que cada vez disminuyan las camadas de cachorros de osos polares

Los grandes osos blancos están muriendo lentamente de hambre a medida que cada invierno es más cálido que el anterior. Un estudio a largo plazo de 1,200 ejemplares que vivían alrededor de la bahía del Hudson revela que hoy en día están, de medida, un 15% más delgados que hace unas décadas [...] Quizá perdure una cohorte de osos viejos, cada año más delgados que el anterior. O quizá llegue un terrible verano en el que no se encuentren focas por ninguna parte. Puede que algunos osos sobrevivan con una dieta a base de lemmings, carroña y focas cogidas en el mar, pero estarán tan flacos que no despertarán del sueño invernal. Los cambios son tan rápidos que lo más probable es que hacia el año 2030 no quede prácticamente ningún oso polar en la naturaleza (Flannery, 2007, p. 102).

Este derretimiento no sólo afecta a las especies que en el polo habitan pero su consecuencia afecta a todo el planeta

El nivel del mar aumentó una media de 3,1 mm anuales entre 1993 y 2003. En el siglo XX, la subida fue de 18 cm. De estos, 4 cm se deben a la expansión del agua por el calentamiento y 14 cm se deben al deshielo continental. Ambas cantidades son aproximadas. Al deshielo continental, debe añadirse no solo el de los glaciares, sino también el del permafrost, el subsuelo helado de la tundra, que ha hecho aumentar el caudal de los ríos siberianos (Gómez y Romanillos, 2012, p. 16).

El permafrost se encuentra en las regiones aproximadas a los polos y es un tipo de suelo congelado que se encuentra hasta cientos de metros de profundidad

Con el deshielo, la materia orgánica que éste almacena, y que mantiene intacta como si se tratara de un gigantesco congelador, estaría disponible para ser digerida por las bacterias y descomponerse, lo que llevaría a un gran aumento de las emisiones de dióxido de carbono y metano. Las investigaciones muestran que, debido al aumento de la temperatura, el permafrost ya ha comenzado a derretirse en algunas regiones, en particular en Siberia, pero también en Alaska y, en cincuenta años, grandes superficies de suelo de Alaska podrían dejar de ser heladas (Ripa, 2011, p. 97).

Parece algo lejano el hecho que la humanidad genere gases invernadero a miles de kilómetros de distancia del polo norte y a su vez estos está afectando al ecosistema a tal grado que en poco tiempo puede llevar a la destrucción y extinción del polo norte y de las especies que en el habitan. “Si no se hace nada para limitar las emisiones de gases invernadero, parece seguro que alrededor del año 2050 llegará un día en el que no se vea hielo en el Ártico, tan sólo un mar inmenso, oscuro y turbulento” (Flannery, 2007, p. 103).

En los últimos años se han registrado cambios climatológicos en diferentes partes del mundo y de diferentes magnitudes. Algunos han sido graduales y permanentes mientras que otros han sido temporales. Un ejemplo de un cambio que ha sido constante y ha sido gradual es el de la Antártida. En este lugar se registró un cambio en el hábitat y también en sus aguas heladas. “En los últimos días de 2004, las ciudades del mundo recibieron una noticia asombrosa: comenzando por su extremo septentrional, la Antártida se estaba volviendo verde” (Flannery, 2007, p. 98). Esta parece ser una noticia muy impactante, ¿Cómo es posible que un ecosistema cambie de tal manera? Esta es una consecuencia del cambio climático, se están generando transformaciones en los ecosistemas que llevan a un cambio radical como de tener una superficie cubierta de hielo y ventiscas a una con grandes praderas verdes. Esta es una señal muy clara de que algo no está bien.

Otro ejemplo que Flannery (2007) explica sobre el cambio climático y de cómo este ya está afectando a los seres vivos es el del krill. El agua helada es un punto clave en la cadena alimenticia ya que es entre un espacio que se forma del agua salada y el hielo que el plancton se desarrolla, permitiendo así que el krill cumpla con su ciclo de vida. El krill es el alimento de las ballenas, pingüinos y focas

Desde el año 1976, el krill ha sufrido un brusco declive, reduciéndose a un ritmo de casi 40 % por década [...] la reducción en la cantidad de krill parece coincidir con el calentamiento del océano y la reducción del mar helado. Poca duda cabe de que el cambio climático está perjudicando al océano más productivo del mundo, así como a las inmensas criaturas que éste alberga y alimenta (Flannery, 2007, p. 98).

Este es sólo un ejemplo de cómo algo tan pequeño puede desencadenarse en un problema que le afecte hasta al ser vivo más grande del planeta. Y esto es precisamente lo que el cambio climático hace, afecta desde lo más microscópico hasta lo más grande.

Flannery (2007) menciona que algo muy importante que ha afectado al clima en las últimas décadas han sido los conocidos como saltos en el clima. El clima ha dado saltos en diferentes etapas de la historia. Estos saltos son conocidos como “puertas mágicas”. En estas puertas mágicas lo que se aprecia son cambios en las temperaturas registradas. En las últimas décadas se hablan de dos importantes puertas mágicas; una fue en 1976 y la otra en 1998. La primera se detectó en el Pacífico en Kiribati donde sucedió un cambio en la temperatura de la superficie del mar de 0.6° y también un cambio en el nivel de sal de 0.8%. Esto ha provocado que la temperatura del mar en el pacífico tropical no baje de 25° mientras que en la década de

los cincuenta podía alcanzar temperaturas inferiores hasta de 19.5°. El segundo evento ocurrió en 1998. En este fenómeno el salto es mucho más conocido que aquel que sucedió en 1976; se trata de los fenómenos de: el “Niño” y la “Niña”. El niño hace referencia a una corriente cálida que pasa por el mar en Sudamérica en diciembre y la niña es lo contrario, es el enfriamiento que sufre el Pacífico en esa misma región. El efecto del Niño provoca es que disminuya el viento en la región y cambiando la dirección de la corriente lo que provoca que la atmósfera se torne húmeda y terminó en inundaciones en diferentes partes de la región peruana provocando que la sequía llegue a Australia. Este es sólo un hecho que se presentó en 1998 pero como estos pueden seguir muchos más cambios en el planeta: “A medida que se acumulen los gases invernadero en la atmosfera experimentaremos de forma persistente condiciones parecidas a las provocadas por el Niño” (Flannery, 2007, p. 88).

Según Flannery lo que ocurrió en el año de 1998 bastó para incrementar la temperatura de todo el planeta en un 0.3°C provocando que el Pacífico alcance frecuentemente temperaturas de 30°C. Este tipo de cambios en las superficies afectan a las especies no sólo en la cadena alimenticia, pero también en migración y supervivencia.

Estas puertas son algunos ejemplos de lo que el calentamiento está provocando en el clima. Basta tan sólo con mirar fotos de cómo se veía la Tierra hace 50 años y como se ve hoy para darse cuenta que algo está diferente, que los ecosistemas están cambiando, y estos cambios son los resultados de lo que el hombre está haciendo en la Tierra. Si hoy se busca en la web sobre evidencias del cambio climático, no sólo se desplegarán estos dos saltos como evidencia pero cambios alrededor de todo el mundo. En muchos países cambios desde el grado de la temperatura hasta cambios en las especies.

En 1966 se descubrió una nueva especie de sapo el cual fue bautizado como el sapo dorado. En esta especie, únicamente los machos son dorados mientras que las hembras son negras, amarillas y escarlatas. Estas criaturas solían salir a reproducirse solamente cuando la temporada seca llegaba a su fin y empezaban las lluvias. Existen registros que en 1987 esta especie fue vista en Costa Rica sin poder reproducirse a falta de hembras. En 1989 fue la última vez que se vio un macho de esta especie, después de esto se declaró la extinción de la especie. “Desde 1976 los investigadores han visto desaparecer ante sus propios ojos varias especies de anfibios sin poder determinar la causa. Los últimos estudios indican que el cambio climático es el responsable de dichas desapariciones” (Flannery, 2007, p. 115).

En 1999 se anunció que la causa de la extinción de esta especie fue por la puerta mágica que se atravesó en 1976 cuando el clima cambió causando así menor niebla trayendo consigo menor humedad en el ambiente y afectando así las condiciones en las que esta especie podía aparearse. “El sapo dorado es la primera víctima documentada del calentamiento global. Lo hemos matado nosotros, con nuestro uso desmesurado de electricidad generada con carbón y nuestros enormes cochazos, exactamente igual que si hubiésemos allanado su bosque con excavadoras” (Flannery, 2007, p. 115).

¿Cuántas especies más deben sufrir a causa del egoísmo del ser humano? ¿Cuántas especies más deberán extinguirse antes de no poder encontrar soluciones al problema? ¿En cuánto tiempo el mismo hombre se autodestruirá y acabará con todo aquello que alguna vez conoció? Se deben tomar acciones contra los gases invernadero, el calentamiento global y cambio climático y deben ser pronto, antes de que sea demasiado tarde para todo ser vivo que respira y vive sobre este planeta.

Bien hace Flannery al culpar a la especie humana por la extinción de especies ya que si la tiene, pero así como se les acusa de los únicos responsables de la extinción y destrucción de especies y ecosistemas también son cientos únicos que tienen en sus manos la posibilidad de salvarla al hacer algo positivo ante estos problemas. La humanidad es quien lo empezó y lo causó pero también son los únicos con la capacidad de cambiar sus acciones y ayudar redireccionar el rumbo al que han estado conduciendo a este mundo desde las pasadas décadas e incluyendo a todo ser vivo que habita en este.

1.5. Es cuestión de todos, no de sólo unos cuantos

La importancia de que cada una de las personas contribuya a la disminución de emisiones de gases invernadero es crucial para salir de esta crisis climática. Algunas de las recomendaciones sugeridas para poder cambiar el curso del cambio climático van desde lo particular hasta lo general, desde los hogares hasta políticas implementadas por el gobierno. Cualquier persona puede contribuir y ser parte del cambio contra el cambio climático, al final del día es responsabilidad de todos. A continuación se presentan algunas sugerencias prácticas a seguir para contribuir de manera positiva a la crisis climática. Sí en cada uno de los hogares se empezara a tomar acciones, rápidamente podría verse el cambio:

- Disminuir el consumo de energía eléctrica.
- Reducir los viajes en coche caminando, usando la bicicleta, usando transporte público o inclusive compartiendo coche con otras personas.

- Usar focos ahorradores de energía.
- Consumir productos que sean amigables con el ambiente.
- Usar productos reciclados.
- Separar los distintos tipos de basura.
Disminuir el uso de fertilizantes.
- Disminuir el consumo de productos agrícolas, en especial los productos de origen ganadero.

Es momento de actuar y de poner freno a las excusas de por qué no se están tomando acciones contra el cambio climático. Es necesario empezar a preocuparse no sólo por uno mismo pero por él prójimo y el futuro de los seres vivos. Se tiene la elección de luchar por la vida en este planeta o simplemente de dejarse vencer y esperar a que la muerte azote todo lo que se ha conocido hasta el día de hoy. Al Gore cita en su libro *Nuestra Elección* lo siguiente: “Os he puesto delante la vida y la muerte. Podéis elegir la bendición o la maldición” (Deuteronomio 30:19). Entonces, ¿Cuál será la elección de la humanidad?

2. CAMINANDO HACIA ENERGÍAS LIMPIAS

Una vez ya explicado lo que es el cambio climático y la amenaza que éste representa para la humanidad es necesario que se tome conciencia y a su vez, se empiece a actuar lo más pronto posible. Hay muchas y diferentes alternativas, sin embargo para efectos de esta tesis, se enfocará exclusivamente en la generación de energía eléctrica por medio de lo que es conocido como “energías limpias” o “energías renovables”.

Hoy en día la energía eléctrica es fundamental para la mayoría de las actividades de la humanidad. Es imposible imaginarse un día sin electricidad en toda una ciudad porque sin esta muchas de las actividades no se podrían llevar a cabo. La simple idea de no tener energía eléctrica por un día completo ya es catastrófica. Y este sistema es uno de los sistemas más comercializados en el mundo

El sistema energético el día de hoy es verdaderamente global, con casi 50 países exportando y casi 150 naciones importando petróleo crudo (y con casi como tantos comercializando productos de petróleo refinado), con más de 20 estados involucrados en venta de gas natural (ya sea por medio de tuberías transfronterizas o usando tanques que contienen gas líquido) y con casi una docena de principales importadores de carbón y un número similar de países con importaciones substanciales de carbón⁴ (Smil, 2010, p. 13).

La economía depende de la generación eléctrica tanto como el humano del oxígeno. Pero a su vez la forma en que la mayoría de la electricidad es generada, afecta a la Tierra y muy específicamente al cambio climático. Porque el sistema energético juega un papel muy importante en la economía es necesario que desde el mismo punto de ella se convierta en una prioridad de investigación. Y no sólo porque es necesario encontrar alternativas para remplazar la forma convencional de generación eléctrica ya que la base primaria de ésta es no renovable y a su vez afecta al medio ambiente. Pero es necesario que la misma economía moderna se preocupe por investigar más sobre todo este sector porque simplemente este sector representa el mismo funcionamiento de la misma economía,

Debido al papel central que tiene la energía en la naturaleza y en los intereses humanos es inevitable que la quema masiva de combustibles fósiles, fisiones de uranio y

⁴ Today's energy system is truly global, with nearly 50 countries exporting and almost 150 nations importing crude oil (and with nearly as many trading refined oil products), with more than 20 states involved in natural gas sales (either by cross-border pipelines or by using tankers carrying liquefied gas), and with nearly a dozen major coal importers and a similar number of countries with substantial coal imports.

la captura de flujos de energía renovable, tengan muchas consecuencias profundas en el funcionamiento de la economía y en el medio ambiente y por lo tanto, en la calidad de vida. Por consiguiente es increíble que la energía nunca haya sido una prioridad, ni siquiera una de las principales, en la investigación de la economía moderna⁵ (Smil, 2010, p. 13).

Si la energía eléctrica es tan importante para la economía pero su generación resulta tan dañina para el medio ambiente entonces es urgente que se encuentre la forma de que ésta no afecte tanto al medio ambiente en la magnitud como hasta el día de hoy lo ha hecho. La realidad muestra que no se puede vivir sin energía eléctrica pero también muestra que el medio ambiente es víctima de las consecuencias desmesuradas de las actividades humanas.

El objetivo principal de este capítulo es introducir a las energías limpias como una alternativa de generación de energía eléctrica para poder satisfacer gran parte de la demanda de ésta disminuyendo a su vez el grado de daño al medio ambiente.

En este capítulo se explican conceptos clave que relacionan a la economía con el medio ambiente y la necesidad de que ésta ciencia social actúe en conjunto por buscar un bienestar en el medio ambiente. La importancia de la generación de energía eléctrica en la economía y el impacto que la generación de dióxido de carbono tiene en el medio ambiente. Después, se presentan las diferentes alternativas limpias para la generación de energía y por último, se trata la importancia de utilizarlas y que reemplacen, no completamente pero sí en gran parte, a la generación de energía eléctrica convencional.

2.1. El papel que juega la ciencia económica en el medio ambiente

Como economistas es difícil pensar en formas para cuidar y proteger al medio ambiente, pero resulta demasiado sencillo idear la manera de explotarlo. La forma en que la economía ve al medio ambiente es como un recurso y uno al cuál le saca mucho provecho

En la economía, el ambiente es visto como un recurso compuesto que provee una variedad de servicios. Es un recurso muy especial [...] pues provee los sistemas en los

⁵ Because of energy's central place in nature and in human affairs it is inevitable that the massive burning of fossil fuels, fissioning of uranium, and capture of renewable energy flows have many profound consequences for the performance of economics and for the state of the environment, and hence for the overall quality of life. Consequently, it is incredible that energy has never been a primary, not even a major, concern of modern economic inquiry.

cuales se basa la vida y sustentan nuestra existencia pero, sin embargo sigue siendo un recurso. Igual manera que con otros recursos, deseamos prevenir depreciación del valor de este recurso para que pueda seguir proveyendo estética y vida- sustentar servicios⁶” (Tietenberg & Lewis, 2012, p. 17).

La variedad de recursos que yacen en este planeta cada vez se ven más afectados por las acciones de las diversas economías y no sólo es responsabilidad de ellas sino también de las diferentes sociedades. Es momento de cambiar la forma de pensar y la forma de actuar. “La manera en que las sociedades respondan a los retos dependerá enormemente en el comportamiento individual o colectivo de los seres humanos. El análisis económico provee un increíble conjunto de herramientas para cualquiera que se encuentre interesado en el entendimiento y/o modificación de la conducta humana, particularmente en la fase escasez⁷” (Tietenberg & Lewis, 2012, p. 6).

Si no se cambia la perspectiva económica de los recursos naturales muy posiblemente llegue el día en que estos ya no estén para abastecer a las actividades económicas, al fin del día la economía es la ciencia que estudia la forma en que el ser humano racionaliza los recursos escasos, y eso es precisamente lo que se debe de hacer. Ante esta crisis climática es necesario encontrar alternativas para racionalizar de una mejor manera los recursos naturales que son escasos y lograr una mejor distribución y aprovechamiento de éstos en su producción y consumo sin destruirlos ni extinguirlos.

El cambio climático, como algo real que ya está afectando al medio ambiente, también tiene efectos adversos económicos. Uno de ellos es la disminución del PIB a nivel mundial estimado en el informe Stern, “el Informe estima que si no actuamos, los costes globales y los riesgos del cambio climático equivaldrán a la pérdida de al menos un 5% del PIB global anual, ahora y siempre. Teniendo en cuenta una mayor diversidad de riesgos e impactos, las estimaciones de los daños podría alcanzar un 20% o más del PIB” (Stern, 2007, p. vi). Por lo que acciones tanto en países desarrollados como aquellos en vías de deben de llevarse a cabo.

⁶ In economics, the environment is viewed as a composite asset that provides a variety of services. It is a very special asset, to be sure, because it provides the life support systems that sustain our very existence, but it is an asset nonetheless. As with other assets, we wish to enhance, or at least prevent undue depreciation of, the value of this asset so that it may continue to provide aesthetic and life-sustaining services.

⁷ How societies respond to challenges will depend largely on the behavior of human beings acting individually or collectively. Economic analysis provides an incredibly useful set of tools for anyone interested in understanding and/or modifying human behavior, particularly in the face of scarcity.

2.1.1. La economía ecológica y la economía ambiental

La economía ecológica y la economía ambiental son ramas de la economía que se dedican al estudio de la relación de la ciencia económica y el ambiente. Aunque ambas ramas estudian la misma relación, la perspectiva y soluciones son diferentes. La economía ambiental basa sus estudios en la economía neoclásica mientras que la economía ecológica basa sus estudios en diferentes modelos

En la última década la comunidad de escolares que lidian con el rol de la economía y el ambiente se han establecido en dos campos: la economía ecológica y la economía ambiental. Aunque comparten varias similitudes, la economía ecológica es deliberadamente más pluralista metódicamente, mientras que la economía ambiental está basada firmemente en el paradigma estándar de la economía neoclásica. Mientras que la economía neoclásica enfatiza la maximización del bienestar humano y el uso de incentivos económicos para modificar el comportamiento destructivo humano, la economía ecológica usa una variedad de métodos, incluyendo a la economía neoclásica, dependiendo el propósito de la investigación⁸ (Tietenberg & Lewis, 2012, p. 7).

Alan Gilpin explica en su libro *Economía Ambiental* los campos de estudio que actualmente abarca esta rama de la economía,

La economía ambiental, una rama especializada de la economía, ha evolucionado en años recientes. Incluye los problemas del control de la contaminación, el cambio climático, la protección del ambiente natural, la conservación de los recursos escasos, la biodiversidad y los instrumentos económicos; problemas en la definición de los mercados que tienen una influencia mínima o nula, pero en los cuales es necesario asignar de manera inteligente vastos recursos naturales para el bien común” (Gilpin, 2003, p. 20).

La economía ambiental, de acuerdo con Gilpin entonces es, aquella rama de la economía que estudia los problemas del medio ambiente y la asignación inteligente de sus recursos para entonces alcanzar el bien común. No es que la economía ambiental sugiere un cambio para lograr sustentabilidad pero más bien se enfoca principalmente en la asignación de los recursos

⁸ Over the last decade or so, the community of scholars dealing with the role of the economy and the environment has settled into two camps: ecological economics (<http://www.ecoeco.org/>) and environmental economics (<http://www.aere.org/>). Although they share many similarities, ecological economics is consciously more methodologically pluralist, while environmental economics is based solidly on the standard paradigm of neoclassical economics. While neoclassical economics emphasizes maximizing human welfare and using economic incentives to modify destructive human behaviour, ecological economics uses a variety of methodologies, including neoclassical economics, depending upon the purpose of the investigation.

para buscar un bienestar social mientras que la economía ecológica difiere un poco en este punto. *The Australian Collaboration* publicó en el artículo *Ecological Economics* las diferencias entre estas dos ramas de la economía explicando que la economía ecológica difiere en el aspecto de que ésta sugiere que la economía debe de operar con las limitaciones del mundo natural concentrándose en lograr sustentabilidad a largo plazo

La economía ecológica viene de la economía ambiental pero difiere de ella y de la economía convencional en el reconocimiento de que la economía debe de operar dentro de las limitaciones del mundo natural. De esta forma la economía ecológica se concentra en alcanzar para el largo plazo sustentabilidad ecológica [...] El estudio de la economía ecológica posiciona a nuestra economía como un subconjunto del ambiente natural. Como tal, todas las actividades económicas están sujetas a las leyes naturales de la ciencia que gobiernan los ecosistemas del planeta. Esto contrasta con la economía convencional cuando dice que no hay limitaciones naturales a nuestra economía antropogénica (O'Connor, 2012, p. 1).

Diferenciando de Tietenberg, Federico Aguilera y Vicent Alcántara sustentan en su libro *De la economía ambiental a la economía ecológica*, que la diferencia entre economía ambiental y economía ecológica radica en la asignación de valor monetario de los beneficios y costes ambientales que la primera de estas otorga posicionándola entonces, como el simple estudio de la economía convencional. “Una de las cuestiones actualmente más de moda, si atendemos a la literatura reciente sobre el tema, es la de la valoración monetaria de los beneficios y costes ambientales. Consecuencia lógica de los supuestos de los que parte la llamada economía ambiental, que no son otros que los de la economía estándar, siendo aquella como es una extensión de ésta a un nuevo campo de análisis” (Aguilera & Alcántara, 1994, p. 17).

También sostienen que la economía ecológica en lugar de enfocarse en el estudio de la asignación de los recursos y del valor monetario, se enfoca en el resultado que se ha obtenido de la separación de los procesos productivos con el ecosistema y busca ahora, soluciones ante los problemas que esta separación ha llevado

La relación entre economía y ecología no es nueva. En realidad, la actividad económica no puede existir sin el sustrato biofísico que la sostiene. El interés reciente de la conciencia económica por las cuestiones ecológicas es la consecuencia lógica de la separación del proceso productivo de su base natural a partir de la obra de Ricardo y Marx (Naredo, 1987), que ha justificado una organización económica y unas decisiones

de política económica que amenazan hoy la misma supervivencia. De hecho, ocultas son las relaciones entre ecología y ciencia económica (Martínez Alier, J., 1984; Martínez Alier, J. y Schlüpmann, K., 1991) (Aguilera & Alcántara, 1994, p. 17).

Mientras que según Aguilera y Alcántara (1994) la economía ambiental estudia el problema de las externalidades y la asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables, la economía ecológica estudia la interacción entre los procesos productivos y ecosistemas buscando así preservarlos. Para poder estudiar esta misma interacción entre el medio ambiente y el sistema económico en lo que es considerado un sistema cerrado es necesario recordar lo que la primera y segunda ley de la termodinámica la sustentan.

La primera ley de la Termodinámica: la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma: Esta ley se usa para explicar la relación de los materiales del ambiente al entrar al sistema económico. Estos pueden acumularse en el sistema económico o regresar al ambiente en forma de basura

La ley implica que la masa de materiales que fluyen dentro del sistema económico tiene que acumularse en el Sistema económico o regresar al medio ambiente en forma de basura. Cuando para la acumulación, la masa de materiales fluyendo dentro del Sistema económico es igual en magnitud a la masa de de basura fluyendo dentro del medio ambiente. El exceso de basura puede, por supuesto, depreciar el capital; cuando excenden la capacidad de absorción de la naturaleza, la basura reduce el servicio que el capital porvee. Ejemplos son fáciles de encontrar: contaminación del aire puede causar problemas respiratorios; el agua contaminada para tomar puede causar cancer; el smog destruye vistas escénicas; el cambio climático puede llevar a la inundación de áreas costeras⁹ (Tietenberg & Lewis, 2012, p. 18).

La segunda ley de la Termodinámica: principio de entropía: Esta ley ayuda a explicar la relación entre las personas y el medio ambiente. Tanto la materia como la energía se degradan de una forma disponible a una forma no disponible por medio de los procesos irreversibles

⁹The law implies that the mass of materials flowing into the economic system from the environment has either to accumulate in the economic system or return to the environment as waste. When accumulation stops, the mass of materials flowing into the economic system is equal in magnitude to the mass of waste flowing into the environment. Excessive wastes can, of course, depreciate the asset; when they exceed the absorptive capacity of nature, wastes reduce the services that the asset provides. Examples are easy to find: air pollution can cause respiratory problems; polluted drinking water can cause cancer; smog obliterates scenic vistas; climate change can lead to flooding of coastal areas.

según esta Ley, la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible a una forma no disponible, o de una forma ordenada a una forma desordenada, independientemente de que las usemos o no. Así pues y desde el punto de vista de la termodinámica, lo que confiere valor económico a la materia y energía es su disponibilidad para ser utilizada, por contraste con la energía y materia no disponible o ya utilizada, a la que debemos considerar como residuo en un sentido termodinámico (Aguilera & Alcántara, 1994, p. 19).

Este mismo residuo deja ver que la conversión de energía no es completamente eficiente, ya que parte se pierde en el proceso y aquella energía que fue usada ya no es posible usarla después, un muy buen ejemplo del efecto de esta ley es en los combustibles fósiles

La *entropía* es la cantidad de energía no disponible para trabajar. Aplicado a los procesos energéticos, esta ley implica que la no conversión de una forma de energía a otra es completamente eficiente y que el consumo de energía es un proceso irreversible. Algo de energía siempre se pierde durante la conversión, y el resto, una vez usada, ya no está disponible para seguir trabajando. Siendo la energía necesaria para la vida, la vida cesa cuando los flujos de energía útiles cesan. Debemos recordar que nuestro planeta, con respecto a la energía, no está ni siquiera próximo a ser un sistema cerrado; nosotros recibimos energía del sol. Sin embargo, la ley de entropía nos recuerda que el flujo de energía solar establece un límite superior en el flujo de la energía disponible que puede ser sostenido. Una vez que la existencia de energía acumulada (tal y como los combustibles fósiles y energía nuclear) se haya ido, la cantidad de energía disponible útil para trabajo será determinada únicamente por el flujo solar y la cantidad que pueda ser almacenada (por medio de presas, árboles, etcétera). Así, en e muy largo plazo, el proceso de crecimiento será limitado por la disponibilidad de energía solar y nuestra habilidad de ponerla a trabajar¹⁰ (Tietenberg & Lewis, 2012, p. 19).

¹⁰ *Entropy* is the amount of energy unavailable for work. Applied to energy processes, this law implies that no conversion from one form of energy to another is completely efficient and that the consumption of energy is an irreversible process. Some energy is always lost during conversion, and the rest, once used, is no longer available for further work. The second law also implies that in the absence of new energy inputs, any closed system must eventually use up its available energy. Since energy is necessary for life, life ceases when useful energy flows cease. We should remember that our planet is not even approximately a closed system with respect to energy; we gain energy from the sun. The entropy law does remind us, however, that the flow of solar energy establishes an upper limit on the flow of available energy that can be sustained. Once the stocks of stored energy (such as fossil fuels and nuclear energy) are gone, the amount of energy available for useful work will be determined solely by the solar flow and by the amount that can be stored (through dams, trees, and so on). Thus, in the very long run, the growth process will be limited by the availability of solar energy and our ability to put it to work.

Teniendo en mente estos dos principios que son fundamentales en la economía ecológica y lo que ésta misma propone se seguirá con la investigación y se enfocará el estudio de la presente tesis.

Es importante recordar que a pesar de que son diferentes ramas de la economía ambas, estudian relaciones con el ambiente y ecosistemas desde diferentes perspectivas, obteniendo así diferentes resultados e impactos tanto económicos como ambientales y ecológicos mostrando así que existe una relación muy importante entre la ciencia económica y el medio ambiente. El estudio de la relación de la economía con el medio ambiente y ecosistemas debe de ir mucho más allá de la manera más óptima de asignar los recursos que estos poseen, sino debe de solucionar la preservación de estos.

La economía brinda herramientas para poder adaptarse ante las consecuencias inevitables que el cambio climático trae consigo ya que es gracias a esta ciencia que políticas nacionales como internacionales pueden diseñarse para no sólo adaptarse a los impactos climáticos pero también para disminuir las emisiones que lo han acelerado

La economía tiene mucho que decir sobre la evaluación y administración de los riesgos del cambio climático y de cómo diseñar respuestas nacionales e internacionales para la reducción de emisiones y adaptación de los impactos que ya no podemos evitar. Si la economía es usada para diseñar políticas costo-efectivo entonces, el tomar acciones para abordar el cambio climático activará el potencial de bienestar de las sociedades para aumentar con mayor rapidez a la larga que en lugar de sin tomar acciones; podemos ser ‘verde’ y crecer. En efecto si no somos ‘verde’ debilitaremos eventualmente el crecimiento, en cualquier manera que sea medido¹¹ (Stern, 2007, p. iv).

Pero, ¿Qué tipo de políticas? Cómo se mencionó en el capítulo pasado los países están empezando a tomar acciones por medio de la creación de políticas para adaptarse ante el cambio climático. Estas acciones van más allá de únicamente niveles nacionales pero también a nivel internacional tal y como lo es el Protocolo de Kioto. Sir Nicholas Stern menciona que deben de crearse políticas que abarquen el precio del carbono, innovación de tecnologías bajas en carbono y la eliminación de las barreras a la eficiencia energética,

¹¹ Economics has much to say about assessing and managing the risks of climate change, and about how to design national and international responses for both the reduction of emissions and adaptation to the impacts that we can no longer avoid. If economics is used to design cost-effective policies, then taking action to tackle climate change will enable societies’ potential for well-being to increase much faster in the long run than without action; we can be ‘green’ and grow. Indeed, if we are not ‘green’, we will eventually undermine growth, however measured.

El cambio climático constituye el mayor fracaso del mercado jamás visto en el mundo, e interactúa con otras imperfecciones del mercado. Tienen que formularse tres elementos de política para una respuesta global efectiva. El primero es la fijación del precio del carbono, aplicada a través de impuestos, comercio de emisiones o regulación. El segundo se refiere a una política que apoye la innovación y el despliegue de tecnologías bajas en carbono. Y el tercero se refiere a medidas para eliminar las barreras a la eficiencia energética, y para informar, educar y persuadir a las personas acerca de lo que pueden hacer para responder al cambio climático (Stern, 2007, p. viii).

Como ya se mencionó, es necesario juntar y combinar las políticas económicas con el ambiente, y buscar no sólo el bienestar económico pero también el bienestar social y ecológico. Actualmente los países se concientizan cada vez más y más sobre la terrible amenaza que el cambio climático es. Por esto mismo, en diferentes países alrededor del mundo ya se está tomando acciones en la materia de políticas para combatir al cambio climático de una manera individual y también internacional. A continuación se presenta una tabla con algunos ejemplos de las políticas y acuerdos que algunos países han tomado para luchar contra el cambio climático.

Tabla 1: Ejemplos de políticas y acuerdos para luchar contra el cambio climático en algunos países clave¹²

País	Características	Políticas y Acuerdos importantes	Principales características de las políticas
Australia	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los mayores exportadores de carbón a nivel mundial • Economía basada en la exportación de minería, petróleo y energía. 	El paquete de futuro de Energía limpia (CEFC)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de las emisiones de gases invernadero en un 5% para 2020 y en un 80% para 2050 en relación a las emisiones de 2000. • Reducir la contaminación de carbón y cambiar a un futuro de energía limpia implementando el mecanismo de fijación de precios al carbón, es decir impuestos a empresas por tonelada de carbono.

¹² Todos los países mencionados firmaron el Protocolo de Kioto y ratificaron su participación en 2005. En 2012 Canadá anunció que ya no participaría. También es muy importante recalcar que a pesar de que existan diferentes tipos de iniciativas a nivel nacional e internacional no se garantiza que éstas se cumplan parcialmente o en su totalidad.

Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • La deforestación y el cambio en el uso de suelo para la agricultura son los causantes del 70% de las emisiones de gases invernadero. 	<p>Protocolo de Kioto</p> <p>Política Nacional sobre Cambio Climático</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer una Autoridad de Cambio Climático independiente para aconsejar al gobierno. (Combet, 2011) • Para 2020 Australia se propone estar entre un 5%-20% por debajo de las emisiones en relación al 2000. (C2ES, s.f.) • Implementación de la política Nacional para eficiencia energética: ahorrar energía gradualmente hasta en un 10% esto es hasta 30 millones de toneladas de CO₂ para 2030. • Promover el uso de sistemas de energía por medio de calentamiento solar reduciendo así 2,200 GWh por año para 2015. • Incrementar en un 20% el reciclaje para 2015. • Sistemas integrados para la agricultura y cría de ganado. • Reemplazar en plantas acereras el uso de carbón por carbón vegetal. • Incrementar el uso de energías limpias • Reducir la deforestación en un 80% para 2020. • Reducir el crecimiento de emisiones en un 36%-39% para 2020 lo que le permitiría disminuir sus emisiones a las registradas en 1994. (GOVERNMENT OF BRAZIL Interministerial Committee on Climate Change, 2008)(C2ES, s.f.) (NRDC, s.f.)
Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los principales países productores de gas natural y petróleo. Principal fuente de energía importada en los Estados Unidos. 	<p>Regulaciones de emisión de gas invernadero</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una serie de regulaciones comprendidas por: • Automóviles de pasajeros, camiones ligeros (2017-2025). Mejorar la eficiencia del combustible para que así se consuma un 50% menos de combustible y se emita un 50% menos de gases invernadero. Se espera que con este modelo para 2025 los conductores ahorren alrededor de \$900 por año. • Vehículos de carga. Mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones hasta en un 23%. El total ahorro por vehículo por año está calculado

<p>China</p> <ul style="list-style-type: none"> El país de mayor producción y consumo de carbón y por tanto de emisiones de CO₂. 	<p>Acuerdo de Cancún/Copenhague</p>	<p>en unos \$8000 para 2018.</p> <ul style="list-style-type: none"> Combustibles renovables. 5% de la gasolina deberá ser comprendido por combustible renovable. Sector energético. $\frac{3}{4}$ partes de la energía generada en Canadá emite cero gases invernadero. Está regulación busca reforzar su posición líder en la producción de energía limpia y seguir disminuyendo emisiones de gases invernadero. Canadá busca disminuir para 2025 un total del 17% de sus emisiones de GEI con respecto a los niveles de 2005. (Environment Canada, 2013) (C2ES, s.f.) (NRDC, s.f.)
	<p>Plan de 5 años (2011-2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir la intensidad de carbón en un 40%-45% para 2020 en base a los niveles de 2005. Proteger al ambiente y mejorar la eficiencia energética. Reducción de la intensidad energética en 17% (consumo energético por unidad del PIB). Incrementar el uso de energía no fósil a un 11.4% del total de la energía usada. Una reducción del 17% en a intensidad del carbón (emisiones por unidad del PIB) Políticas industriales que apoyan a las industrias de energías limpias y tecnologías relacionadas. Estas industrias son: nuclear, solar, eólica, biomasa y automóviles híbridos y eléctricos. (C2ES, s.f.)
<p>México</p> <ul style="list-style-type: none"> Un país donde la economía está basada en las exportaciones. El petróleo es el bien más exportado. Es un gran consumidor y productor de combustibles fósiles. 	<p>Estrategia Nacional de cambio climático (ENACC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Enfrentar los efectos del cambio climático al describir los ejes estratégicos y líneas de acción a seguir para lograr una economía competitiva sustentable y de bajas emisiones de carbono. Impulsar las energías limpias para alcanzar objetivos a corto, mediano y largo plazo. Para 2023 un 35% de la energía será limpia. Disminuir las emisiones de GEI en un 30%. Reducir las emisiones en un 50% para 2053 en base a los niveles del 2000.
	<p>Visión 10-20-40</p>	

Unión Europea (UE)

- La UE está conformada por 28 países miembros. Al menos un 20% del presupuesto 2014-2020 ha sido destinado para resolver problemas relevantes al cambio climático

Acuerdo de Copenhague

Paquete 2020

- Al menos un 50% de la generación de energía será por medio de energías limpias.
- Las estrategias abarcan los ecosistemas, energía, disminución de emisiones, sistemas productivos, sector privado/industria y movilidad. (ENCC, 2013) (C2ES, s.f.)
- Reducir emisiones en un 50% para 2050 y un 30% para 2020. (NRDC, s.f.)
- Reducir en 20% las emisiones de GEI en base a los niveles de 1990 para 2020.
- Incrementar el consumo de la producción de energía renovable a un 20% para 2020.
- Un mejoramiento del 20% en la eficiencia energética de la UE para 2020.

Roadmap 2050

Sistema de la UE de intercambio de emisiones (EU ETS)

- Reducir las emisiones de GEI de Europa en un 80%-95% con respecto a los niveles de 1990
- El primer sistema, y el más grande, de intercambio de cuotas negociables (derechos de emisión) de emisiones de GEI que busca reducir las emisiones de GEI industriales.
- Opera en 28 países de la UE y los tres países EEA-EFTA.
- Cubre el 45% de las emisiones en Europa.
- Para 2020 un 21% de las emisiones que cubre EU ETS será menor que en 2005.

Programa europeo sobre cambio climático

- Identificar y desarrollar todos los elementos necesarios para la estrategia de la UE para implementar el Protocolo de Kyoto promoviendo el uso de renovables y creando acciones para reducir las emisiones.
- Tiene diferentes grupos de trabajo: transporte, demanda de energía, oferta de energía, no CO₂ gases, agricultura, aviación, CO₂ y automóviles, captura de carbón y almacenamiento y reducción de emisiones de GEI de barcos.

Acuerdo de Copenhague

- Reducir las emisiones en 20% para 2020 en base a las emisiones de 1990. Podría reducir hasta un 30% dependiendo del compromiso

de los otros países.
(C2ES, s.f.) (EC European
Commission, 2014) (NRDC,
s.f.)

El primer elemento de políticas puede apreciarse en la Tabla 1. Países como Australia está fijando impuestos al carbono y en la Unión Europea existe ya el sistema de intercambio de bonos de carbono. Este sistema o es usado únicamente en la Unión Europea pero también en el ámbito internacional. Estos son simples ejemplos del primer tipo de política. El segundo tipo también empieza a notarse en diferentes países con la implementación o incremento de uso de energías limpias y el tercer elemento es uno de los más importantes ya que no sólo busca la eliminación de barreras de eficiencia energética pero toca el tema de educación e información hacia la población para que juntos reaccionen ante el cambio climático.

2.2. Usos de la energía

El uso de la energía varía dependiendo las diferentes necesidades para la cual está se destina ya que puede ser simplemente para la provisión de electricidad en una comunidad hasta ser el motor de grandes industrias para abastecer diferentes productos finales “las sociedades modernas usan muchos tipos de energía para poder satisfacer muchos usos finales. Mientras no hay ni una clasificación vinculada de los usos que proveen a los individuos, hogares, ciudades y economías con servicios energéticos esenciales, las principales categorías incluyen calor, luz, energía industrial (abrumadoramente fija) y fletes y transporte de pasajeros¹³ (Smil, 2010, p. 7). Independientemente de cuál sea el uso de la energía se debe de tener en consideración que gracias a la naturaleza de estos tipos de energía todos afectan y contaminan a la Tierra. La comprensión de que hoy en día el sistema energético es global es fundamental para analizar los impactos y consecuencias que estos han generado.

Uno de los usos más importantes de la energía es la generación de electricidad, que finalmente es nada más y nada menos que un simple transportador de energía. Pero ¡qué gran transportador de energía! Ésta es la encargada de la provisión de la mayor parte de la energía

¹³ Cita original en inglés: Modern societies use many forms of energy in order to satisfy many final uses. While there is no single binding classification of the uses that provide individuals, households, cities, and economies with essential energy services, the principal categories include heat, light, industrial (overwhelmingly stationary) power, and freight and passenger transport.

en todo el mundo y es la que funciona como uno de los mayores motores de la economía mundial y también de la vida cotidiana

La electricidad es un transportador de energía primaria que se obtiene a partir de fuentes tan diversas como el carbón, la luz del sol y viento. Es responsable de de la provisión de una gran parte de la energía mundial y crece más rápido que cualquier otro sector. La invención de la bombilla incandescente por Thomas Edison, en 1879, y la posterior invención alterna por Nikola Tesla. Nueve años después, condujeron a la progresiva electrificación de tranvías, fábricas y hogares, además de a un conjunto de artefactos eléctricos que proliferaron rápidamente y cuya descendencia aún es ubicada en nuestras vidas (Gore, 2010, p. 55).

Los combustibles fósiles no han sido considerados como la principal fuente de energía desde siempre lo que muestra que los diferentes usos de electricidad han ido cambiando conforme al paso de los años. Al Gore (2010) menciona que en la Edad Media la principal fuente de energía era la madera pero debido a la escasez que la tala de bosques generó a finales del siglo XVII el carbón mineral empezó a usarse más. Una de las razones por la cual el carbón y el petróleo no eran utilizados con mayor magnitud en la antigüedad es porque era difícil extraerlo de la tierra por lo que sólo utilizaban las cantidades encontradas en la superficie de la Tierra y a las cuales podían encontrar con facilidad. Posteriormente durante la Revolución Industrial la demanda de carbón aumentó significativamente llevando a este a ser la fuente principal de energía.

Hoy en día el tipo de energía que más se utiliza es la de los combustibles líquidos, los cuales provienen del petróleo “en conjunto, el petróleo es, en la actualidad nuestra mayor fuente de energía, de la cual suministra una cantidad considerablemente mayor que el carbón y el gas” (Gore, 2010, p. 53) siguiéndole el metano (gas natural), el cual para 2008 suministró el 23% de la energía consumida por el mundo, y después la electricidad obtenida por diversas fuentes como el carbón, el sol y el viento.

Son precisamente estas principales fuente de energía las que echan a andar la vida cotidiana “el mundo necesita energía para funcionar. Una energía que depende en un 80% de los combustibles fósiles. Y ese uso intensivo de fuentes como el petróleo, el gas y el carbón en las actividades humanas tendrá consecuencias desastrosas para la humanidad si no se frena a tiempo” (Gómez & Romanillos, 2012, p. 236). Pero a su vez son las que están destruyendo

el entorno gracias a su alto grado de contaminación y principalmente su alto nivel de emisiones de CO₂

En conjunto, el petróleo, el carbón y el gas natural aún proveen el 86.5% de la energía primaria que actualmente utilizamos en la Tierra. (El petróleo constituye el 36.5%; el carbón el 27% y el gas natural, el 23%). Estos tres combustibles fósiles juntos constituyen la mayor causa del calentamiento global. Por este motivo, el mundo ha comenzado a centrarse con tanta intensidad en las nuevas energías alternativas para producir electricidad sin emitir grandes cantidades de CO₂ (Gore, 2010, p. 57).

Es por eso que actualmente, uno de los enfoques principales para combatir al cambio climático es la generación de energía con menores emisiones de CO₂, para de esta forma poder frenar estas ‘consecuencias desastrosas para la humanidad’ y salvar al planeta que contiene vida.

Debido a lo mencionado anteriormente y al ver los desastrosos efectos que las actividades humanas están causando, es el deber de la humanidad buscar y encontrar soluciones a los diferentes problemas que ésta misma ha causado antes de que sea demasiado tarde y esté en el punto donde ya no hay vuelta atrás. En estas posibles soluciones la economía juega un papel importante. La economía que depende de gran manera en el sector energético tiene mucho que decir en el camino hacia el cambio de los patrones de consumo energético. Haciendo al tema energético en general, uno de los principales enfoques de la economía y una de sus prioridades el buscar soluciones para generar electricidad con menores grados de emisión de CO₂.

Al grado al que la humanidad ha avanzado es imposible imaginarse la vida sin energía pero sería absurdo que esta misma energía sin la que se puede vivir sea la causante de la destrucción del medio ambiente y eventualmente de la vida que hasta el día de hoy se conoce.

2.3. Emisiones de CO₂

Se ha mencionado los efectos y consecuencias de las emisiones de CO₂. También se ha hecho hincapié en que una de las necesidades ante el cambio climático es la reducción de emisiones de CO₂ y otros elementos y gases. Pero, ¿Qué cantidad de CO₂ emiten los países? A continuación se presentan estadísticas de emisiones de CO₂ de los 20 países con mayor cantidad de emisiones de CO₂ en miles de toneladas para 2011, estimadas por La Comisión Europea y PBL, Netherlands Environmental Assessment Agency.

Tabla 1. Top 20 de países por emisiones de CO₂ (kilo toneladas) por país 1990-2012. ¹⁴

(En orden ascendente en base al año 2012)

País	1990 Ktons CO ₂	1995 Ktons CO ₂	2000 Ktons CO ₂	2005 Ktons CO ₂	2008 Ktons CO ₂	2010 Ktons CO ₂	2011 Ktons CO ₂	2012 Ktons CO ₂
China	2544945.80	3557912.80	3601930.10	5893041.30	7838369.50	8740094.00	9547464.00	9863876.00
USA	4990000.00	5260000.00	5870000.00	5940000.00	5740000.00	5499996.00	5392203.00	5194476.00
India	660000.00	870000.00	1060000.00	1290000.00	1560000.00	1776373.00	1838374.00	1967353.00
Rusia	2440000.00	1750000.00	1660000.00	1720000.00	1800000.00	1710313.00	1780352.00	1774215.00
Japón	1160000.00	1250000.00	1280000.00	1320000.00	1250000.00	1236854.00	1244288.00	1323860.00
Alemania	1020000.00	920000.00	870000.00	850000.00	860000.00	821500.00	794673.00	807268.00
Corea del Sur	250000.00	400000.00	450000.00	500000.00	540000.00	591149.00	628613.00	635398.00
Canadá	450000.00	480000.00	550000.00	570000.00	570000.00	553492.00	563210.00	558879.00
Indonesia	160000.00	210000.00	290000.00	360000.00	410000.00	451480.00	490160.00	494380.00
México	310000.00	330000.00	380000.00	420000.00	450000.00	459916.00	468788.00	487715.00
Reino Unido	590000.00	560000.00	550000.00	550000.00	530000.00	508044.00	471302.00	485491.00
Brasil	220000.00	270000.00	350000.00	370000.00	410000.00	435385.00	447233.00	458665.00
Arabia Saudita	170000.00	210000.00	260000.00	320000.00	380000.00	425988.00	434146.00	457477.00
Australia	270000.00	300000.00	360000.00	410000.00	440000.00	433619.00	440286.00	432650.00
Irán	210000.00	280000.00	340000.00	450000.00	370000.00	385480.00	396206.00	407482.00
Italia	430000.00	440000.00	460000.00	480000.00	460000.00	417487.00	406438.00	384736.00
Francia	390000.00	390000.00	410000.00	410000.00	400000.00	391094.00	369352.00	374025.00
Sudáfrica	270000.00	290000.00	310000.00	360000.00	370000.00	330852.00	327145.00	331086.00
Ucrania	770000.00	450000.00	350000.00	340000.00	340000.00	302088.00	319794.00	322670.00
Polonia	310000.00	320000.00	290000.00	310000.00	320000.00	331746.00	331423.00	321665.00
Total Mundial	22704946	23657913	25401930	29393041	31728370	32990257	33986307	34453427

Como se puede observar en la tabla 1.1 para 2012 el país con mayores emisiones estimadas fue China pero no ha sido la cabeza desde 1990. Analizando solamente los datos observados de China se puede ver que en tan solo dos décadas casi aumentó la cantidad

¹⁴ Información recuperada (EDGAR, 2013) <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts1990-2012&sort=des9>

emitida de CO₂ en 4 veces, de 2544945.80 kilo toneladas a 9863876.00 kilo toneladas contrastando así con los demás países de los cuales ningún otro aumentó en tal magnitud. En los últimos años la economía de China ha destacado en el marco internacional y la producción en este ha sobrepasado a cualquier otro país en el mundo.

Por el otro lado EUA ha pasado de ocupar del primer lugar al segundo. Pero lo interesante de este país es que a pesar de estar en la segunda posición, el grado en el que ha aumentado no ha sido tan drástico como el de China o el de otros países. Lo que muestra que a través de los años Estados Unidos ha sido capaz de disminuir la cantidad emitida de CO₂ (2008-2010) junto con Alemania (6° lugar en la tabla). Japón muestra también un aumento en sus emisiones. La mayoría de los países europeos presentados en esta tabla con excepción de Polonia quien tuvo un ligero aumento, muestran disminución en la cantidad total emitida de dióxido de carbono a través de las décadas. Los BRICs han presentado un aumento drástico en sus emisiones. Esto tiene sentido ya que sus economías junto con su nivel de producción, han crecido y resaltado en los últimos diez años. Canadá, México, Arabia Saudita, Irán, Australia, Indonesia y Sudáfrica presentaron aumentos en sus emisiones totales.

Un hecho muy importante a considerar, es que como se puede observar en esta tabla, la mayoría de los países que están en este top 20 de países con la cantidad más alta de emisiones de CO₂ a 2012 son los países con mayor población total en el mundo. Lo que permite el cuestionamiento si es que la población influye en este escenario. La respuesta sin dudar es si.

En el capítulo pasado se mencionó lo que las emisiones de CO₂ causan y afectan en el ambiente pero también quiénes son los generadores de estas. En conclusión, todos y cada una de las personas sobre la tierra contribuyen simplemente con el respirar, pero este no es lo que está acabando con el planeta Tierra, sino la cantidad de emisiones que se generan a partir de la vida cotidiana y de todo lo que se usa para llevar a cabo las actividades diarias. Desde el dejar la luz prendida, el usar electrodomésticos y el uso obsesivo del automóvil. Cada persona contribuye a este problema. Es por eso que a continuación se presenta la tabla con generación de CO₂ per cápita.

Tabla 2. Top 20 de países por emisiones de dióxido de carbono en toneladas de CO₂ per cápita por país 1990-2012¹⁵. (En orden ascendente en base al año 2012)

País	1990	1995	2000	2005	2008	2010	2011	2012
	Tons							
	CO₂/ca							
	p							
Luxemburgo	30.69	22.03	20.13	25.85	22.47	22.01	21.92	21.75
Australia	15.79	16.55	18.69	19.98	20.33	19.35	19.36	18.77
Kazajistán	15.81	11.65	9.58	12.73	14.62	14.57	16.02	16.44
USA	19.61	19.62	20.63	19.92	18.72	17.61	17.12	16.36
Arabia Saudita	10.49	11.31	12.91	12.96	14.41	15.63	15.64	16.17
Canadá	16.27	16.39	17.92	17.67	17.08	16.22	16.33	16.04
Estonia	23.29	11.19	10.73	12.77	14.25	14.99	15.82	15.75
Islandia	9.23	9.20	10.14	10.47	12.71	13.77	14.10	14.10
Corea	5.82	8.96	9.79	10.63	11.28	12.20	12.90	12.97
Rusia	16.47	11.78	11.31	11.95	12.53	11.91	12.41	12.39
Taiwán	6.43	8.04	10.49	11.88	11.73	11.86	11.90	11.85
Turkmenistán	13.32	8.57	8.63	9.49	10.87	10.96	11.53	10.90
n								
República Checa	16.22	12.57	13.57	12.48	11.97	11.68	11.41	10.81
Japón	9.49	10.04	10.18	10.40	9.82	9.71	9.77	10.40
Finlandia	11.44	11.63	11.07	11.17	11.44	12.74	10.97	9.88
Los Países Bajos	10.75	11.02	10.72	11.04	10.30	10.71	10.03	9.82
Alemania	12.67	11.06	10.42	10.14	10.31	9.90	9.59	9.75
Bélgica	11.54	11.99	11.98	11.07	10.78	10.57	9.89	9.58

¹⁵Información recuperada (EDGAR, 2013)

http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts_pc1990-2012

Noruega	8.96	9.77	9.62	9.56	9.24	8.98	8.92	8.88
Belarús	10.24	5.97	5.77	6.58	7.57	8.19	8.39	8.55
Total mundial	4.28	4.13	4.16	4.53	4.71	4.79	4.87	4.88

Al ver esta tabla nuevos países aparecen mientras que solo unos cuantos de la primera tabla permanecen. La primera posición se encuentra ocupada Luxemburgo con un total de 21.75 toneladas de CO₂/ per cápita. Este pequeño país ubicado en Europa no apareció en la tabla 1 debido a que la cantidad emitida de kilo toneladas de CO₂ en el año 2012 fue de 11391. Por esta misma razón es importante analizar y contrastar las cantidades totales emitidas con las cantidades per cápita emitidas. En esta segunda tabla podemos ver el orden en el que los países emitieron CO₂ per cápita. Esto quiere decir que en 2011 por cada persona que vive en Luxemburgo 21.75 toneladas de CO₂ fueron emitidas. De 1990 a 2011 disminuyó la cantidad emitida en este país. En segundo lugar se encuentra Australia y tercer lugar Kazajistán quienes aumentaron la cantidad de CO₂ per cápita para 2012. Después se encuentra Estados Unidos de Norteamérica con una disminución significativa de emisiones per cápita. Al igual que EUA Arabia Saudita, Canadá, Estonia, Rusia, Turkmenistán, República Checa, Finlandia, Alemania, Países Bajos, Bélgica, Noruega y Belarus presentaron disminuciones, algunas mayores que otras, en sus emisiones per cápita.

Por el otro lado hay países como Corea, Islandia y Taiwán que presentaron un aumento considerable en las emisiones per cápita. También Japón presentó un ligero aumento.

Por el otro lado países que aparecieron en la primera tabla como China, Brasil, India y México con grandes cantidades de población no aparecen en la segunda tabla, mostrando que gran parte de sus emisiones están relacionadas con la cantidad de personas que habitan en su territorio.

En ambas tablas se puede observar que el total de emisiones a nivel mundial no ha disminuido al paso de los años sino lo contrario. Se ha registrado un aumento de 11728281 kilo toneladas en 1990 a 2012. Si a esto se le suma la inmoderada explotación de recursos queda preguntarse ¿Cuánto más podrá soportar la Tierra?

Es una realidad la necesidad reducir las emisiones de CO₂ para detener el cambio climático y es una necesidad que debe de tener prioridad para ser atendida

Reducir las emisiones de CO₂ para evitar el cambio climático pasa por el uso masivo de las energías renovables. Los expertos están de acuerdo en que este cambio debe de tener lugar en los próximos años, con el fin de prevenir los peores impactos medioambientales. Nuestro planeta crece sin parar, tanto en el aspecto demográfico como económico, y es importante afrontar con decisión un cambio global en el uso de la energía adaptado a estas dos realidades ineludibles (Gómez & Romanillos, 2012, p. 237).

2.4. La Revolución limpia

En la actualidad los términos “revolución limpia” o “tecnologías limpias” no resultan ajenos como lo eran una década atrás. Si hoy en día alguien busca información sobre estos temas en la Web resulta cada vez más fácil y accesible obtener información. Con el paso del tiempo y debido a la gran importancia tecnológica y económica que estas tecnologías representan han ido cobrando gran fuerza y como economistas no se debe de pasar desapercibido el mercado que éstas representan y sobre todo las soluciones que conllevan. Ron Pernick y Clint Wilder explican a lo largo de su libro *La Revolución Limpia* lo que realmente está en juego al hablar y desarrollar este tipo de tecnologías

Después de las revoluciones de la informática, de Internet y de la biotecnología. Las 'tecnologías limpias' están abriendo una unas posibilidades sin precedentes en la creación de riqueza, de crecimiento y soluciones innovadoras para una amplia gama de problemas globales. Estas tecnologías son la piedra angular de las estrategias corporativas, de inversión y gubernamentales para lograr beneficios en la siguiente década y para garantizar la competitividad económica durante muchos años (Pernick & Wilder, 2008, p. 14).

¿Qué son las tecnologías limpias?

“Las tecnologías limpias se refieren a cualquier producto, servicio o proceso que aporta valor utilizando pocos o ningún recurso no renovable, o bien que crea muchos menos residuos que las soluciones convencionales” (Pernick & Wilder, 2008, p. 15). Es decir estas tecnologías limpias buscan disminuir el uso de recursos no renovables y a su vez utilizar en mayor cantidad sino es que en su totalidad recursos naturales y renovables que también buscan crear la menor cantidad posible de residuos y contaminantes. Hay cuatro sectores que abarcan las tecnologías limpias: energía, transporte, agua y minerales. Ejemplos de estos tipos de tecnologías son: la generación de energía eólica y solar; en el transporte los vehículos

eléctricos híbridos y biocombustibles; la desalinización de agua a gran escala por ósmosis inversa; y las baterías de iones de litio y plásticos biológicos (Pernick & Wilder, 2008, p. 15).

Estos avances tecnológicos representan parte del futuro no sólo económico pero también de la humanidad. A veces parece ser algo lejano y ajeno a la vida cotidiana pero basta con caminar en el supermercado y ver con qué frecuencia se pueden encontrar en los pasillos productos en empaques biodegradables o productos que son amigables con el ambiente reemplazando a los empaques o productos convencionales. Inclusive las bolsas de plástico en las que empaican los productos en la tienda tienen ya una insignia que dice “que esta bolsa es biodegradable”. Este es un simple ejemplo de cómo esta revolución va creciendo, cambiando la mentalidad y estilo de vida y cómo al final las personas en todo el mundo empiezan a jugar un papel con las decisiones que toman día a día tal y como ¿Caminar o ir en el auto? ¿Reutilizar la bolsa de plástico al ir al mercado? Las tecnologías limpias se esparcen día a día en todo el globo y las personas poco a poco no pueden evitar ser parte de esta revolución ya sea consciente o inconscientemente.

Para efectos de esta tesis el enfoque estará centrado en la generación y uso de energías limpias. Por lo que ahora se hablará específicamente de este tipo de tecnología limpia.

2.5. Energías limpias/ renovables

Las energías llamadas renovables o limpias son aquellas que utilizan energía derivada de recursos naturales tales como el agua, viento y sol (solo por nombrar los más conocidos) con el fin de transformarla en diferentes formas de energía para uso del hombre. “La energía renovable usa fuentes de energía que continuamente son repuestas por la naturaleza- el sol, viento, agua, el calor de la Tierra y plantas. Las tecnologías de energía renovable transforman estos combustibles en formas usables de energía- frecuentemente electricidad, pero también en calefacción, químicos o fuerza mecánica¹⁶” (National Renewable Energy Laboratory, 2011, p. 1). Esto quiere decir que al transformar la energía que se encuentra en la propia naturaleza se está creando nueva energía utilizable, es decir se están reusando los recursos. Las energías consideradas renovables son: la energía solar, eólica, biomasa, geotérmica, hidráulica y oceánica.

¹⁶ Cita original en inglés: Renewable energy uses energy sources that are continually replenished by nature—the sun, the wind, water, the Earth’s heat, and plants. Renewable energy technologies turn these fuels into usable forms of energy—most often electricity, but also heat, chemicals, or mechanical power.

Las energías renovables representan una de las soluciones para desacelerar el proceso del calentamiento global porque ofrecen la posibilidad de generar energía por medio de recursos renovables en lugar de combustibles fósiles disminuyendo con su uso las emisiones de gases de efecto invernadero. Es importante tener en mente que la descarbonización del sistema energético internacional es imprescindible para poder adaptarse al cambio climático

Las emisiones pueden reducirse mediante una mayor eficiencia energética, modificaciones de la demanda, y la adopción de tecnologías de energía limpia, calor y transporte. El sector energético de todas las regiones del mundo tendría que llegar a una "descarbonización" de un 60% como mínimo en 2050 para que las concentraciones atmosféricas se estabilizaran en 550ppm CO₂, o menos, y también serán necesarias grandes reducciones de emisiones en el sector de transportes (Stern, 2007, p. vii).

Otro punto a considerar sobre el uso de estas energías es lo que representa a nivel económico en cuanto a disminuir la dependencia que se tiene con los combustibles fósiles.

El mundo necesita energía para funcionar. Una energía que depende en un 80% de los combustibles fósiles. Y ese uso intensivo de fuentes como el petróleo, el gas y el carbón en las actividades humanas tendrá consecuencias desastrosas para la humanidad si no se frena a tiempo. A estas alturas, todos los expertos coinciden en que la clave para frenar, o al menos reducir, dicho impacto sobre el clima de nuestro planeta pasa por aumentar el uso de las llamadas energías renovables. Generalizar su uso no solo nos permitiría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero precedentes de la producción y del consumo de energía, sino también reducir la dependencia que los países en todo el mundo tienen frente a las importaciones de combustibles fósiles (especialmente gas y petróleo) (Gómez & Romanillos, 2012, p. 236).

Las energías limpias de acuerdo con el *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* en Alemania (BMU por sus siglas en alemán) crean una menor dependencia de los países desarrollados en la importación de combustibles fósiles. Provocando de esta manera que ese dinero que generalmente es destinado a la importación de estos bienes se implemente en proyectos de desarrollo.

Usar energías renovables en lugar de energía fósil disparará una transformación ecológica de nuestro sistema energético y reducirá dependencias existentes.

Particularmente, los países desarrollados, serían capaces de gastar sus reservas de dólares en sus propios proyectos de desarrollo. Este cambio podría hacer mucho por promover la paz y, al mismo tiempo, contribuir significativamente al mejoramiento de la seguridad energética¹⁷” (Wolfhart, et al., 2011, p. 11).

Las energías renovables no únicamente solucionan el problema de escasez de materia prima para la generación de esta pero también impulsa el desarrollo de proyectos internos en los países importadores. Ahora bien puede quedar en debate el papel de los países exportadores. Muchos de los países subdesarrollados mantienen sus economías vivas gracias a exportaciones de combustibles fósiles. Pero muchas de las veces son pequeños grupos de personas o elites donde se centraliza toda esa riqueza, por lo que el buscar opciones para mantener economías funcionando puede descentralizar esta riqueza e impulsar el desarrollo de otro tipo de tecnologías o proyectos regionales. Aún así cuando los combustibles fósiles se acaben, sus principales entradas de dinero se agotan por lo que tarde o temprano tendrán que crear estrategias de supervivencia, ¿Por qué no empezar desde ahora y mejor no esperarse a que sea demasiado tarde?

La naturaleza descentralizada portadora de las energías renovables contribuye a una más justa distribución del valor añadido atraída del abastecimiento de energía. Esto es especialmente para países como Angola quienes dependen fuertemente en exportación de combustibles. Las ganancias van en su mayoría a pequeños grupos elite, quienes a su vez emplean a fuerzas armadas para proteger sus privilegios¹⁸” (Wolfhart, et al., 2011, p. 11).

Por otro lado la generación de energía a partir de recursos cuyo costo es cero puede ser un gran incentivo para la inversión tanto en investigación como en desarrollo de este sector. Pero ¿Por qué se dice que el costo de estos recursos es cero? Se puede poner como ejemplo el sol. El sol sale cada día y su principal función es calentar al planeta Tierra y alumbrarlo. Sin sol no habría vida, es fundamental para la existencia de esta, pero ¿por qué no utilizar aquello que ya está y no tiene un costo extra? Es decir si el sol sale cada día y es una de las fuentes de

¹⁷ Cita original en inglés: Using renewables instead of fossil energy carriers will trigger an ecological transformation of our energy system and reduce existing dependencies. Developing countries, in particular, would be able to spend their scarce dollar reserves on their own development projects. This change could do much to promote peace and, at the same time, contribute significantly to enhanced energy security.

¹⁸ This is especially true for countries like Angola that depend heavily on oil exports. The profits go mostly to small elite groups, who also employ armed forces to protect their privileges.

energía más potente que existe y a su vez es una fuente completamente natural ¿Por qué no usarlo? Al utilizar como principal insumo aquello que ya está en este planeta y es gratis, es algo que no sólo ayuda a solucionar el problema de la generación de gases invernadero sino que también en el ámbito económico trae soluciones y a la misma vez desafíos.

Probablemente, la fuerza más potente que impulsa hoy el crecimiento de las tecnologías limpias es, simplemente, económica. La tendencia general es que los costes de las energías limpias están bajando mientras que los de la energía generada a partir de combustibles tradicionales están subiendo. El futuro de las tecnologías limpias se basará, en gran parte, en aumentar la producción y reducir los costes (Pernick & Wilder, 2008, p. 19).

Es importante mencionar que es imposible imaginarse un cambio en los patrones de generación y consumo sin grandes inversiones monetarias. Es verdad que los costos están bajando y la producción aumentando pero es gracias a las grandes inversiones que ya se están haciendo y que están por venir en el sector energético renovable que ésta tendencia es posible. Por lo que deja concluir que este tipo de tecnologías son grandes oportunidades empresariales y también de generación de empleos, “Las medidas sobre cambio climático también crearán importantes oportunidades empresariales, a medida que se crean nuevos mercados de tecnologías bajas en carbono y de otros bienes y servicios bajos en carbono. Estos mercados podrían llegar a valer cientos de billones de dólares anuales, y el empleo en estos sectores crecerá en consecuencia” (Stern, 2007, p. viii).

Por último un punto a considerar en el uso de energías limpias a parte de beneficios ambientales y económicos es el de desarrollo. En la actualidad muchos países subdesarrollados sufren de escasez de energía. El desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica por medio de tecnologías limpias puede ser también una solución para comunidades que aún no cuentan con este tipo de servicio. “Muchos países subdesarrollados todavía sufren de pobreza energética: además, el resultado de la falta de los servicios básicos y de las desigualdades en el abastecimiento de energía están generando potenciales conflictos a nivel local y global [...] las energías renovables facilitan el acceso a infraestructura moderna- alumbrado,

Estos mismos países que pueden beneficiarse grandemente en su desarrollo por medio del uso de energías limpias son de hecho los países que sufrirán más tanto económicamente como socialmente las consecuencias del cambio climático

El calentamiento climático es una grave amenaza para el mundo en desarrollo y un gran obstáculo para continuar la reducción de pobreza en diferentes dimensiones. Primero, las regiones en desarrollo están en una desventaja geográfica: ya son más cálidas, en promedio, que las regiones desarrolladas, y éstas también sufren de alta variabilidad de lluvia. Como resultado, más calentamiento traerá a los países pobres altos costos y pocos beneficios. Segundo, los países en desarrollo- en particular los más pobres- dependen grandemente en la agricultura, el sector económico más sensible al clima, y sufren de provisión de salud inadecuada y baja calidad de servicios públicos. Tercero, sus bajos salarios y vulnerabilidades hacen que la adaptación al cambio climático sea particularmente difícil.¹⁹ (Stern, 2007, p. vii).

Por esto mismo es necesaria la intervención de la comunidad internacional para apoyar a estos mismos países a la adaptación al cambio climático

Los países más pobres en desarrollo serán los primeros y más afectados por el cambio climático, a pesar de que ellos han contribuido poco a la causa del problema. Sus bajos ingresos hacen difícil la adaptación financiera. La comunidad internacional tiene la obligación de apoyarlos en la adaptación al cambio climático. Sin tal apoyo hay un gran riesgo que el progreso de desarrollo será debilitado²⁰ (Stern, 2007, p. xxvi).

2.5.1. Tipos de Energías Renovables

Sabiendo la importancia del papel que las energías renovables empiezan a jugar en la economía y en las soluciones para disminuir el impacto en el clima a continuación se expone el funcionamiento e importancia de algunas de las energías renovables. Para efecto de la presente tesis los tipos de energías limpias que se explicarán son la energía solar y eólica.

Energía solar

¹⁹ Cita original en inglés: Climate change is a grave threat to the developing world and a major obstacle to continued poverty reduction across its many dimensions. First, developing regions are at a geographic disadvantage: they are already warmer, on average, than developed regions, and they also suffer from high rainfall variability. As a result, further warming will bring poor countries high costs and few benefits. Second, developing countries - in particular the poorest - are heavily dependent on agriculture, the most climate-sensitive of all economic sectors, and suffer from inadequate health provision and low-quality public services. Third, their low incomes and vulnerabilities make adaptation to climate change particularly difficult.

²⁰ Cita original en inglés: The poorest developing countries will be hit earliest and hardest by climate change, even though they have contributed little to causing the problem. Their low incomes make it difficult to finance adaptation. The international community has an obligation to support them in adapting to climate change. Without such support there is a serious risk that development progress will be undermined.

La energía solar es aquella que su fuente principal de generación es por el aprovechamiento de la radiación solar que llega a la Tierra

El sol es una fuente inagotable de energía eléctrica y calorífica que además de limpia es inagotable. La radiación solar que llega a la superficie terrestre es suficiente para generar casi 3.000 veces más de la energía que se usa actualmente [...] según la Asociación para la Investigación sobre Energía Solar, la luz solar que llega a la Tierra en un día equivale a la energía suficiente para satisfacer durante 8 años los requisitos energéticos actuales en el mundo (Gómez & Romanillos, 2012, p. 240).

De acuerdo con el informe del IPCC la energía solar es la más abundante de todas las fuentes de energía y en la mayoría de los países es posible la utilización de este recurso para la generación de energía en grados diferentes

La energía solar es el la más abundante de todas las fuentes de energía. De hecho, la cantidad a la cual la energía solar es interceptada por la tierra es aproximadamente 10,000 veces mayor que la cantidad de energía que consume la humanidad. A pesar de que no todos los países son dotados con energía solar, es posible para casi todos los países contribuir a la generación de energía (energy mix) por medio de la energía solar directa²¹ (IPCC, 2012, p. 337).

La energía obtenida por la radiación solar puede convertirse en generador de electricidad principalmente por dos formas: produciendo calor que impulse un generador eléctrico o transformando la luz directamente en electricidad, mediante la utilización de celdas solares (Gore, 2010, p. 64).

El primer método de producción mencionado funciona cuando se utiliza la radiación solar para calentar líquidos para que puedan ser usados como generadores eléctricos, esto puede ser alcanzado por medio de la utilización de espejos que concentren la luz del sol. Este método es conocido como energía termosolar de concentración (CST por sus siglas en inglés).

Al Gore (2009) explica los diferentes métodos para lograr la generación de energía termosolar. La primera es utilizando espejos curvados (llamados colectores solares cilindroparabólicos) o largas filas de espejos giratorios, casi planos, que siguen el movimiento

²¹ Cita original en inglés: Solar energy is the most abundant of all energy resources. Indeed, the rate at which solar energy is intercepted by the Earth is about 10,000 times greater than the rate at which humankind consumes energy. Although not all countries are equally endowed with solar energy, a significant contribution to the energy mix from direct solar energy is possible for almost every country.

del sol y enfocan la luz que este expide en una tubería calentando así agua u otro líquido y generando electricidad. Otra forma para generar este tipo de energía es poniendo un conjunto de espejos con helióstatos alrededor de una torre solar que contiene un gran contenedor con algún líquido que se calienta a temperaturas muy elevadas cuando la energía solar es reflejada por los espejos de una forma simultánea. Este método produce vapor para impulsar turbinas eléctricas y generar electricidad. Y la última forma para generar electricidad termosolar es instalando un motor Stirling en frente de cada espejo parabólico que se encuentre conectado a un pequeño generador eléctrico. De esta forma el calor proveniente del sol impulsa al motor y genera electricidad. Este método no es tan usado debido a que es el más caro. Estas centrales son grandes y requieren de altas cantidad de inversiones, no tienen cuellos de botella debido a que los materiales necesarios para poder instalarlas son acero, vidrio y hormigón y no necesitan materiales preciosos. Estas centrales están conectadas a las redes de transporte y de distribución de electricidad. Aún su eficiencia y utilización están en cuestión ya que este tipo de energía necesita la luz del sol lo más directo posible y la mayor parte de esta se encuentra en zonas desérticas alejadas de poblaciones, por lo que requieren que líneas de transporte sean construidas conectadas a sistemas de distribución inteligentes. También algunos de estos modelos exigen gran cantidad de agua, casi tanto como las plantas energéticas convencionales usan combustibles fósiles. Se está trabajando en diseños que requieran de menor cantidad de líquido.

El segundo tipo de energía solar es la generada por medio de células fotovoltaicas. Este tipo de energía es producida a través de células o celdas solares que son fabricadas con materiales especiales semiconductores (principalmente Silicio) que convierten directamente la energía contenida en los fotones de la luz solar en electricidad. Estas células tienen dos capas de semiconductores uno con carga positiva y otro con carga negativa. Cuando la luz del sol incide sobre el panel, los fotones de la luz liberan electrones de los átomos del material fotovoltaico generando un campo eléctrico por la unión de ambas capas obteniendo así corriente eléctrica. Para poder usar esta corriente es necesario un convertidor para transformar la corriente continua en corriente alterna. Con el paso del tiempo el coste de las celdas solares ha ido bajando y gracias a la tecnología se han ido desarrollando diferentes tipos de paneles más baratos y fáciles de instalar.

Se podría decir que el desarrollo de la energía solar tiene aún grandes desafíos, entre ellos:

- Disminuir los costes de ambos tipos de energía solar para que sean más accesibles de instalar y usar “aunque no existe ninguna fuente energética que no reciba subvenciones (el petróleo, el gas natural, el carbón y la energía nuclear reciben subvenciones cuantiosas), la energía solar aún tiene que reducir sus costes para poder ser realmente competitiva. “[...] estamos convencidos de que la energía solar está preparada para conseguir unos costes y unos precios significativamente inferiores en los próximos años. Los avances tecnológicos, el crecimiento del mercado, la mayor competencia y las economías de escala en la fabricación son factores que juegan un papel muy importante en esta transformación” (Pernick & Wilder, 2008, p. 51). “Hoy en día todas las formas de electricidad solar aún tienen un precio superior a la electricidad obtenida a partir de la combustión del carbón o gas en gran medida a causa de que los enormes costes asociados a la contaminación por fases de efecto invernadero se excluyen de los cálculos del auténtico valor de la electricidad producida por estos medios” (Gore, 2010, p. 71).

- Generación de políticas gubernamentales que incentiven y compensen la diferencia entre el coste entre la electricidad solar y la generada por combustibles fósiles “en la actualidad, sin embargo, el coste más elevado de la electricidad solar significa que el financiamiento de estas tecnologías depende de las políticas gubernamentales para compensar la diferencia artificial de coste entre la electricidad solar y la generada mediante combustibles fósiles” (Gore, 2010, p. 74).

- Encontrar la manera de almacenar de una forma eficiente la energía ya que cuando no hay sol no se genera energía “en la actualidad, el calor se puede almacenar aproximadamente una hora, pero pronto será posible hacerlo durante cinco o seis horas. Se prevé que un nuevo diseño de central solar de torre que pueda hacerlo ¡durante 15 horas! Puesto que las células fotovoltaicas no generan calor en la producción de electricidad, no se las puede utilizar para el almacenamiento térmico” (Gore, 2010, p. 70).

- Diseñar y construir infraestructuras que sean capaces de conectar a una red nacional inteligente unificada para de este modo poder conectar las diferentes regiones en un país generadoras de este tipo de energía con las que no son generadoras “esta capacidad de la red eléctrica de integrar flujos intermitentes de la electricidad es un desafío, manejable siempre que la proporción de fuentes intermitentes no exceda el 20% del total, aproximadamente. Superando este porcentaje, el desafío se hace considerablemente más difícil” (Gore, 2010, p. 70).

Un ejemplo ya existente del como las energías limpias pueden, más bien están jugando un papel importante en los países en vías de desarrollo se presenta en *La Revolución Limpia* cuando se habla de Nigeria. Un país conocido no sólo como exportador de petróleo sino como económicamente dependiente de las exportaciones de este recurso se ha dado a la tarea de invertir y generar energía a partir del sol en zonas con escasos recursos empezando con algunas localidades situadas al norte del país cerca de la frontera con el río Níger, proveyendo así no solo de energía eléctrica doméstica pero también ayudando a las escuelas, clínicas y a pequeños empresarios.

Allí, los paneles fotovoltaicos del *Solar Electric Light Fund* (SELF) no sólo han sustituido a los generadores de diesel y a los hornos de queroseno que suministran electricidad para cubrir necesidades básicas como la iluminación y la cocina, sino que también ayudan a las comunidades a mejorar y a transformarse. Han introducido elementos que antes que no existían: bombeo automatizado del agua, escuelas gratuitas con formación de adultos por las tardes y conexión a Internet, así como clínicas con vacunas refrigeradas. Pero quizás lo más importante es que suministran energía a pequeños negocios agrupados bajo un techo solar en edificios que albergan microempresas- sastres, barberos, talleres de reparación de radios y una pequeña fábrica que produce aceite de cacahuete (Pernick & Wilder, 2008, p. 72).

La generación de electricidad por medio de recursos renovables no sólo es algo en lo que se debe de pensar e invertir debido a la futura escasez de petróleo o a la inestabilidad de precios que este recurso tiene. Es algo en lo que vale la pena invertir por también traer recursos donde antes no los había e impulsar el desarrollo de comunidades que ni siquiera tienen acceso a la electricidad debido a la falta de infraestructura adecuada pero si cuentan con recursos tan valiosos como el sol.

“Hace casi 100 años, en una conversación con Henry Ford y Harvey Firestone, Thomas Edison dijo: 'Yo invertiría mi dinero en el sol y la energía solar. ¡Qué fuente de energía! Espero que no tengamos que esperar a que el petróleo y el carbón se agoten para utilizarla” (Gore, 2010, p. 57).

Energía Eólica

Según Gómez (2012) la energía eólica es la energía generada a partir del viento y es capaz de abastecer cinco veces la necesidad energética anual. Este tipo ha sido fuente de energía desde

hace cientos de años pero después de la aparición de las máquinas de vapor el uso de esta energía disminuyó en gran manera hasta casi ser extinta.

El viento ha sido usado por los humanos desde tiempo inmemorable. Antes de que se inventara la máquina de vapor, el comercio por los océanos dependía totalmente en la navegación de los barcos. Los molinos de viento molían granos y bombeaban agua para irrigación y drenaje en Europa y en el mundo. En 1900, había unos 30,000 molinos de viento operando solamente en el norte de Alemania. Una vez que la electricidad se convirtió fácilmente en disponible y accesible en cualquier parte en Alemania los molinos de viento desaparecieron de la vida cotidiana²² (Wolfhart, et al., 2011, p. 74).

No fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que se construyó la primera turbina eólica moderna de escala comercial en Dinamarca (Al Gore, 2009).

La energía generada a partir del viento ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años tanto en capacidad de generación energética como en capacidad instalada. “Según los expertos, su potencial de desarrollo es más alto para los años venideros. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) considera que alcanzará el 14% de la producción eléctrica europea en 2030 y supondrá un 60% del incremento total de la generación eléctrica entre 2006 y 2030. También sostiene que la energía eólica será la energía que más se va a desarrollar en el mundo de aquí a 2050” (Gómez & Romanillos, 2012, p. 244). Después de la energía geotérmica, la energía eólica es la que tiene el menor coste de todas las formas de energía renovable.

Al Gore (2010) explica cómo es que la energía eólica funciona a través de aerogeneradores, los cuales por lo general se encuentran instalados en los llamados parques eólicos que a su vez se encuentran conectados a la red de transporte y distribución. Estos aerogeneradores no necesitan suministro de combustible y son torres de entre 45 y 105 metros de altura en los cuales en la parte superior se encuentra montada de forma horizontal una turbina eólica con tres grandes aspas que miden entre 27 y 45 metros de longitud cada una. La

²² Cita original en inglés “Wind power has been used by human kind since time immemorial. Before the steam engine was invented, trade across the oceans was wholly reliant on sailing ships. Windmills ground grain and drove water pumps for irrigation and drainage purposes in Europe and all over the world. In 1900, there were some 30,000 windmills still operating in northern Germany alone. Only once electricity became readily available and affordable everywhere in Germany did the windmill disappear from everyday life.”

forma de la pala es un poco curvada lo que permite disminuir la velocidad del viento en relación con su flujo haciendo que sea más veloz en la base. Esto hace que el viento empuje las aspas hacia arriba y giren con mayor fuerza. El movimiento de rotación de las aspas hace que el generador eléctrico que se encuentra instalado produzca electricidad por medio de un eje de transmisión que lo mueve.

A diferencia de la energía solar, la energía eólica no requiere del uso de agua, lo que hace su uso más atractivo, especialmente en las regiones donde hay escasez de agua o en países en vías de desarrollo. Los aerogeneradores requieren de un mínimo mantenimiento, y se está trabajando en hacer más eficiente la instalación de estos.

También Al Gore (2010) menciona que se ha puesto en discusión si los aerogeneradores son un gran peligro para las aves pero se ha comprobado que los edificios, tendidos eléctricos, gatos, automóviles y plaguicidas son causantes de la muerte de aves en mayores porcentajes que las aves muertas por los aerogeneradores y también de acuerdo con pronósticos, debido a las altas emisiones de CO₂ se estima que cuatro diferentes especies de aves serán extintas debido al calentamiento global. Pero aun así se ponen sensores que detectan grandes parvadas para detener la actividad si fuera necesario hacerlo.

La generación a partir del viento en el mar está creciendo rápidamente, especialmente en Europa, debido a que los vientos son más fuertes, predecibles y menos turbulentos. Esto es posible a partir de la instalación de aerogeneradores en plataformas situadas en el mar las cuales cuentan con cables de transporte enterrados. Actualmente Dinamarca es el país con la mayor generación de electricidad a través de parques eólicos marinos.

Según Greenpeace, la energía eólica marina podría proporcionar electricidad a todos los hogares de Europa en el año 2020. Este vaticinio pasa por la instalación de 50,000 turbinas eólicas en los mares del viejo continente que, además según la organización, generarían millones de puestos de trabajo y le fortalecerían de tejido industrial en las zonas más deprimidas. De momento, Dinamarca marca las distancias con el resto de los países y cuenta con los mayores parques marinos de energía eólica (Gómez & Romanillos, 2012, p. 244).

Algunos de los problemas que presenta la generación de energía por medio del viento son algunos de los que presenta la energía solar como: el almacenamiento efectivo de electricidad y la necesidad de líneas de transporte ya que la mayoría de los lugares con mayor recepción de este recurso se encuentran alejadas de regiones pobladas.

La generación de energía es una de las causas principales no solo del calentamiento global pero también de desastres y destrucción del ambiente. Es necesario usar las alternativas que se encuentran al alcance de la humanidad no sólo porque el planeta está en peligro, pero también la economía. Una economía que está basada casi en un 100% en el uso de combustibles fósiles, que en algún momento se encontrarán extintos.

La extracción y conversión de energía tiene otras consecuencias ambientales. La deforestación en el Mediterráneo y en el norte de China fue la primera manifestación ambiental del crecimiento humano del uso de energía [...] la extracción y transportación de crudo creó contaminación en el agua y derramamientos accidental de petróleo, y la combustión de productos refinados proveyeron los ingredientes fundamentales para el smog fotoquímico²³ (Smil, 2010, p. 17).

Estos son sólo algunas de las muchas consecuencias que la demanda excesiva de energía ha creado. Gracias a los avances tecnológicos hoy la Tierra está sufriendo y los resultados se pueden observar en los cambios en el clima y también en la vida e inclusive extinción de las especies, pero hoy gracias a esa misma tecnología hay alternativas para detener lo que aún no es inevitable. Hay que usar la tecnología para preservar y mejorar la vida no para destruirla.

²³ Cita original en inglés: Extraction and conversion of energy has many other environmental consequences. Deforestation in the Mediterranean and in North China was the first environmental manifestation of the growing human use of energy "[...] extraction and transportation of crude oil created local water pollution and accidental oil spills, and combustion of refined oil products provided the key starting ingredients (NOx, CO and volatile organic compounds) for photochemical smog.

3. DESERTEC UNA ALTERNATIVA ANTE EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Sabiendo lo que el cambio climático es y sus consecuencias así como también las acciones que pueden y deben de tomarse para frenarlo es imposible que a nivel mundial no se propongan diferentes proyectos para contribuir de una manera positiva ante el gran problema que la misma humanidad ha propiciado. Y en efecto, existen diferentes ideas, proyectos, compromisos, protocolos e inclusive leyes que tienen como objetivo principal tomar acciones ante el cambio climático.

Las energías limpias, como se mencionó antes no es únicamente una aportación al problema del cambio climático, sino también forman parte del futuro energético, el cual está basado principalmente en recursos no renovables.

A continuación se presentará uno de los proyectos más ambiciosos, que existe el día de hoy en cuanto a la materia de generación eléctrica en y que es una posible solución ante el cambio climático. No solución para desaparecerlo, porque eso es imposible, pero si para contribuir con una gran disminución de emisiones de CO₂ que extendería la vida como la que hasta el día de hoy se conoce. Este proyecto se encuentra basado en lo que se conoce como el concepto Desertec creado por el ingeniero alemán Gerhard Knies. Posteriormente este concepto llevó a la creación de diferentes asociaciones y proyectos. Una de las mayores asociaciones formadas a partir de este concepto fue la *Fundación Desertec*, una organización sin fines de lucro que busca el promover y asistir diferentes proyectos usando como base el concepto Desertec.

En el presente capítulo se presenta lo que es el concepto, visión y principales pilares de Desertec. Posteriormente se expone uno de los principales proyectos basados en el concepto Desertec aplicado a la Región geográfica EU-MENA en el cuál el principal objetivo es crear una red interconectada para la generación de electricidad de energías limpias y el comercio de las mismas. Por último se presenta un breve análisis económico del el proyecto EU-MENA.

3.1. DESERTEC: un proyecto capaz de romper con los esquemas convencionales para la generación y abastecimiento de energía eléctrica.

"¡Hay una respuesta!" Exclamó el ingeniero nuclear alemán, Gerhard Knies -al tratar de encontrar una fuente de energía que no pusiera en riesgo al mundo. "Podríamos usar los desiertos. Allí hay una tremenda cantidad de espacio y pueden ser encontrados en todo el mundo. Esa es una fuente de energía que tiene infinito potencial y que puede hacerse accesible a todas las personas globalmente... Imaginen, seis horas de luz solar en los desiertos del mundo proveen tanto como la cantidad de energía que la humanidad consume en un año²⁴" (Heckel, 2011, p. 103 de 730) Así es como en los ochentas, a partir de esta idea, nació lo que en un futuro se llegaría a conocer como el concepto DESERTEC.

¿Cuál es la visión de Desertec? "La visión de DESERTEC es proveer a la gente y negocios locales en tanto como sea posible, de energía limpia y renovable proveniente de los desiertos y regiones áridas del mundo. Esto deberá de proveer oportunidades de prosperidad a mucha gente y proteger el clima²⁵" (DESERTEC FOUNDATION, s.f., p. 1).

Pero, ¿en qué recae esta visión? ¿Qué es el concepto DESERTEC? ¿En qué está basado? ¿Qué es lo que propone alcanzar y mediante que medios? El concepto DESERTEC propone básicamente que los desiertos, junto con la tecnología existente, jueguen un papel importante en la seguridad energética, el agua y el clima del planeta. En teoría, tan solo el 1% de la superficie de los desiertos sería suficiente para abastecer a toda la humanidad con energía. Pero aún teniendo la tecnología adecuada para transformar la energía recibida en estas zonas ya sea por medio de la luz solar, calor, viento y agua, ¿Cómo se les hará llegar a las comunidades la energía proveniente de los desiertos? La mayor parte de las zonas desérticas no se encuentran pobladas y es por eso que el concepto

²⁴ Cita original en inglés: We could use the deserts. There is an incredible amount of space there [...] and they can be found all over the world. Here's a source of energy that has infinite potential and can be made accessible to everybody worldwide.

²⁵ Cita original en inglés: The DESERTEC vision is to supply as many people and businesses as possible with renewable, clean energy from the deserts and arid regions of the earth. This should provide opportunities for prosperity for lots of people and protect the climate.

En este mismo resumen elaborado por Desertec Foundation (s.f.) sobre el concepto Desertec se sugiere que la energía generada en los desiertos sea transportada, hasta una distancia de 3,000 km, por medio de cables de alto voltaje generando pérdidas mínimas. Alrededor de un 90% de la población mundial vive dentro de 3,000 km de regiones áridas y/o desiertos.

El concepto Desertec recae principalmente en tres pilares fundamentales:

- 1) “Los desiertos alrededor de todo el mundo ofrecen una fuente de energía casi inagotable, principalmente por medio de la luz solar y del viento. La energía que es recibida cada día en los desiertos puede ser transformada en energía eléctrica por medio de la tecnología apropiada y a su vez puede ser transportada, aún a largas distancias y con pérdidas mínimas, a centros de alta demanda²⁶” (DESERTEC FOUNDATION, s.f., p. 1)
- 2) “Todas las posibles fuentes de energía que se encuentren disponibles serán consideradas en el diseño del concepto Desertec²⁷” (DESERTEC FOUNDATION, s.f., p. 1). Inclusive se menciona que los combustibles fósiles y las fuentes de energía convencionales jugarán un papel muy importante en la reordenación de la oferta de energía a nivel mundial.
- 3) “La participación de la sociedad civil será esencial para lograr la aceptación necesaria y tener éxito en la producción y uso de la energía proveniente de los desiertos²⁸” (DESERTEC FOUNDATION, s.f., p. 1). Este pilar es fundamental ya que para poder lograr un cambio a nivel global, las personas, tanto niños como adultos deben de estar conscientes de la situación ambiental que el día de hoy ya se está viviendo y deben de informarse sobre las acciones que se pueden llevar a cabo para disminuir las posibles consecuencias futuras. Es un cambio de mentalidad y de forma de vida. Sin que las futuras generaciones de adultos, gobernantes, políticos, economistas y empresarios, no

²⁶ Cita original en inglés: The deserts of the world offer an almost inexhaustible source of energy, especially in the form of direct sunlight and wind. Using appropriate technology this energy can be converted into electricity and transported over long distances with minimal losses to centres of demand.

²⁷ Cita original en inglés: All locally available energy sources are to be considered in the design of the DESERTEC Concept.

²⁸ Cita original en inglés: Broad civil society participation will be essential to achieve the acceptance necessary for the success of the production and use of renewable energy from desert

cambien de mentalidad, cualquier intento de frenar las consecuencias del cambio climático serán en vano. Es necesaria la participación de todos y este cambio de mentalidad se reflejará en las medias y acciones que se tomen en un futuro.

Actualmente la población mundial ronda alrededor de los 7 mil millones de habitantes y según las estimaciones de la Organización para las Naciones Unidas (UN news, 2013) para el año 2050 la población mundial crecerá hasta alcanzar alrededor de 9 mil millones. La mayoría del crecimiento se espera en los países en desarrollo, principalmente en África.

¡9 mil millones de habitantes! Esto significa un aumento en la demanda energética, alimentaria, de agua entre otras, y también un aumento en emisiones de CO₂ y en consecuencias ambientales. Es necesario encontrar alternativas para poder abastecer la demanda energética. Las energías limpias pueden remplazar a los combustibles fósiles en gran parte y disminuir las emisiones de los diferentes gases invernadero. Según DESERTEC (DESERTEC FOUNDATION, s.f.) la sustitución de la utilización de los combustibles fósiles por la de los desiertos y regiones áridas podría disminuir las emisiones de CO₂ hasta en un 80%.

El concepto DESERTEC va mucho más allá de lograr únicamente la generación de energía eléctrica por medio de energías renovables sino también se espera que este concepto sea parte de la solución global ante la crisis de agua y ante la crisis de la capacidad de carga de la Tierra. Esto es lo que se explica en el libro blanco presentado por DESERTEC en el año 2007.

El concepto DESERTEC como solución ante:

- a) La demanda de energía: "El mundo en desarrollo y en especial el mundo desarrollado dependen crucialmente en el continuo abastecimiento de energía. El consumo de combustibles fósiles en 2005 fue de 107,000 TW/año. La demanda de energía se espera que aumente debido al crecimiento de la población y de las economías. El Consejo Asesor Científico sobre Cambio Climático ha estimado las expectativas de aumento de energía (WBGU, 2003). En este escenario la demanda total de energía se triplicará de 2005 a 2050²⁹" (Knies, 2007, p. 16). Pensar en que en menos de 50 años la demanda de energía se triplicará deja la urgencia de

²⁹ Cita original en inglés: The developing and in particular the developed world depend crucially on the continuous supply of energy. The fossil fuel consumption in 2005 was 107,000 TWh/y. The energy demand is expected to grow, driven by growth of population and of economies. An expectation of the growth has been estimated by the German Advisory Council on Global Change (WBGU, 2003). In this scenario the total energy demand will triple from 2005 to 2050.

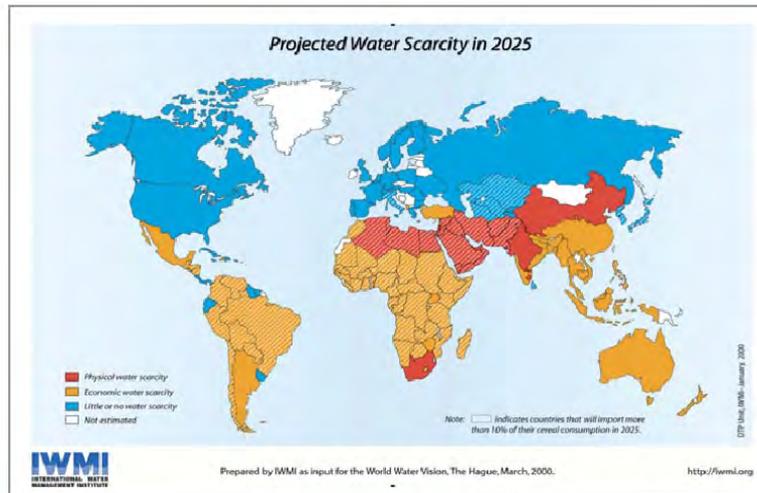
encontrar medios de generación de energía. Pero sabiendo los problemas que hoy en día el planeta enfrenta es necesario contemplar en este futuro a las energías limpias. Se quiera o no conforme pase el tiempo éstas irán jugando un papel mucho mayor en la generación de energía eléctrica compitiendo y en el mejor escenario desplazando, a la generación de energía convencional por medio de combustibles fósiles. Y esto pasará no sólo como una consecuencia ante la problemática del cambio climático, también como una necesidad ante la no renovación que conforma la naturaleza de los combustibles fósiles. He aquí donde los desiertos pueden ser clave para la transición de generación de energía. "La mayor forma accesible de energía en la Tierra, pero la menos aprovechada, es la radiación solar en los desiertos. Su capacidad, que es la cantidad anual recibida, puede ser estimada en una forma directa dado que la radiación es muy uniforme a lo largo de las regiones desérticas. Los desiertos calientes cubren alrededor de 36 millones de km² (UNEP, 2006) de los 149 millones de km² de la superficie terrestre de la Tierra. La energía solar que llega por año en 1 km² del desierto es en promedio 2.2 terawatt (TWh), suministrando 80 millones terawatt horas/año. Este es un factor de 750 veces más que el consumo de energía fósil en 2005, y todavía hay un factor de 250 si es que esta cantidad se llegara a triplicar para el año 2050³⁰" (Knies, 2007, p. 17). De acuerdo con Knies (2007) en 2005 la producción/consumo total de combustibles fósiles fue de 107,000 terawatt horas/año.

- b) La crisis de recursos de agua: en marzo de 2000 el Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI) publicó las proyecciones de escasez del agua para el año 2025. A continuación se una de las proyecciones estimadas por el instituto que posteriormente se convertiría en una de las soluciones estratégicas de Desertec.

³⁰ Cita original en inglés: The largest accessible but least tapped form of energy on earth is solar radiation on deserts. Its capacity, i.e. the annually received amount can be estimated in a rather straight forward way, since radiation is quite uniform across the desert regions. The hot deserts cover around 36 Million km² (UNEP, 2006) of the 149 Million km² of the earths land surface. The solar energy arriving per 1 year on 1 km² desert is on average 2.2 Terawatt hours (TWh), yielding 80 Mio Terawatt hours/year. This is a factor of 750 more than the fossil energy consumption of 2005, and there is still a factor of 250 if this demand would triple until 2050

Figura 1. Proyección de escasez de Agua para 2025 por International Water Management Institute

IWMI³¹



Este mapa es el que también se usó en la publicación del Libro Blanco para demostrar el por qué es importante actuar también pensando en la escasez de agua. Como bien se puede observar la situación en el Norte de África, Medio Oriente y Asia proyectan la mayor escasez de agua. La mayoría de estas regiones junto con regiones de Sudamérica y Europa del este se encontrarán importando más del 10% de su consumo de cereales. "La destilación del agua del mar podría ser un remedio ante la escasez de agua fresca. Pero no obstante, la destilación requiere de grandes cantidades de energía... Los países de la región MENA pueden proveer tal energía de los desiertos y hacer a las líneas de las costas del Norte de África y del Medio Oriente fuentes inagotables de agua fresca³²" (Knies, 2007, p. 20)

- c) La crisis de la capacidad de carga de la Tierra: "En general, el concepto de capacidad de carga para cualquier sector puede ser definido como el nivel de uso de recursos, tanto animal como humano, que puede ser sostenido a largo plazo por el poder natural regenerativo del medio ambiente³³" (FAO, 2013, p. 20). El

³¹ Imagen de IWMI usada por Desertec en el Libro Blanco (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 19)

³² Cita original en inglés: Sea water desalination may be a remedy to fresh water scarcity. Desalination, however, requires large amounts of energy [...] The MENA countries can provide such energy from their deserts and make the shore lines of North Africa and of the Middle East to inexhaustible sources of fresh water.

³³ Cita original en inglés: In general terms, carrying capacity for any sector can be defined as the level of resource use both by humans or animals that can be sustained over the long term by the natural regenerative power of the environment.

aumento de la población mundial junto con el cambio climático y el intensivo uso de combustibles fósiles son uno de los principales factores que reducirán la capacidad de carga de la Tierra. "El continuo cambio climático reducirá la capacidad de carga de la Tierra, particularmente lastimando –al menos temporalmente- las cadenas alimenticias globales y las condiciones de salud, y también por la inundación y desertificación de áreas inhabilitadas. Esto podría reducir la capacidad de carga del valor presente a 2/3 o aún más " (Knies, 2007, p. 21).

La energía recibida en los desiertos es una fuente inagotable y según el Dr. Knies(2007) es también económicamente viable. Los principales efectos que se tendrían por uso de la energía de los desiertos son: evitar el colapso de la civilización por escasez energética, detener el cambio climático y disminuir la huella ecológica.

Al incrementar el uso de las energías limpias no significa que automáticamente todos los problemas ambientales desaparecerán pero sí ayudará a disminuir las consecuencias a futuro, que el día de hoy la humanidad ya está viviendo y enfrentando. Soluciones que empiezan con la generación de energía eléctrica pero que afectan mucho más de lo que se puede imaginar. Al final del día cambiar la mentalidad en cuanto a la generación, el abastecimiento y distribución de la energía no es fácil y requiere de un giro de 180 grados de lo convencional.

3.2. Usando las tecnologías existentes para el concepto DESERTEC.

El concepto DESERTEC busca utilizar en tanto como sea posible cualquier tipo de energía recibida en los desiertos y regiones áridas para transformarla en energía eléctrica y abastecer de esta manera a diferentes comunidades. Esto quiere decir que en las zonas en donde se reciba energía solar, se utilizarán las tecnologías necesarias para poder aprovecharla y en donde se reciba energía eólica lo mismo, y así hasta poder lograr el mayor aprovechamiento de las regiones. Algunas de las tecnologías que Desertec (2013) propone usar ya se encuentran en el mercado y otras están en proceso de estarlo.

Las tecnologías que se pretende usar principalmente son:

- Paneles fotovoltaicos (PV). Los precios de estos paneles son cada vez más accesibles permitiéndoles ser competitivos en el mercado energético.

- Plantas de molinos de viento. Esta tecnología es una de las más usadas en la actualidad para la generación de energía limpia en diferentes países y con buenos resultados.
- Plantas de energía solar térmica CSP (Concentrating Solar Power por sus siglas en inglés). Este método complementa a los otros tipos de tecnologías ya que cuando no hay luz solar o viento, principalmente en las noches, el calor acumulado en estas plantas produce vapor que mueve las turbinas generando de este modo electricidad. El problema de este tipo de tecnología es que su precio no es aún competitivo pero se sigue esperando que en los próximos años baje.

Estas son solo algunas de las tecnologías que junto con el concepto Desertec se juntarían para poder obtener energía limpia de los desiertos pero dependiendo de los recursos naturales de cada área desértica o árida se pretende usar la tecnología adecuada para lograr su mejor uso y eficiencia. Esto quiere decir que cualquier tipo de energía limpia puede implementarse con el concepto Desertec.

3.3. Del concepto DESERTEC a la región EU-MENA

Entre el 2005 y 2007 el Centro Aeroespacial alemán (DLR) en el Instituto de Termodinámica Técnica comisionado por el *Ministerio Federal Alemán para el Medioambiente, la Conservación de Naturaleza y la Seguridad Nuclear* presentó los reportes finales de tres estudios que llevaría al concepto DESERTEC a estar un paso más cerca de la realidad. Estos estudios son: MED-CSP (2005), TRANS-CSP (2006), y el AQUA-CSP (2007).

Con los resultados de estos estudios se publicó el Libro Blanco, escrito por diferentes personas, donde se propone al concepto Desertec como alternativa en materia de generación de energía, agua y seguridad ambiental en la región EU-MENA [por sus siglas en inglés, Unión Europea (EU), Medio Oriente (ME) y Norte de África (NA)] para el año 2050, describiendo así, el escenario de la demanda de electricidad en la región y también las oportunidades de abastecimiento de la misma por medio de energías renovables, promoviendo a su vez, la importancia que tiene la cooperación internacional para poder alcanzar la sustentabilidad económica y ambiental, “el documento describe el escenario de las oportunidades de la demanda y oferta de la electricidad por medio de energía limpia en la región integrada EUMENA hasta mitades del siglo, y confirma la importancia de la

cooperación internacional para alcanzar la sustentabilidad económica y ambiental³⁴, (Trieb & Müller-Steinhagen, 2007, p. 23).

¿Qué es lo que se busca lograr en la región EU-MENA?

Lograr la cooperación entre ambas regiones para conformar una red inteligente de suministro de energía eléctrica proveniente de energías renovables para abastecer las necesidades económicas y físicas toda la región

Muestra que una transición a una oferta competitiva, segura y compatible es posible usando fuentes de energía renovable y aumentos en la eficiencia y combustibles fósiles como respaldo para el balance de poder. Una cooperación cercana entre EU y MENA para la instrucción al mercado de energía renovable e interconexión de una red eléctrica por medio de transmisión directa de corriente de alto voltaje son clave para una supervivencia económica y física de toda la región³⁵ (Trieb & Müller-Steinhagen, 2007, p. 23)

¿Por qué es necesario actuar hoy para el futuro?

Hay diferentes necesidades que un proyecto de este tamaño podría cubrir. La primera es poder cubrir el consumo de electricidad y agua debido al aumento de población. En el libro blanco se basaron en las estimaciones de crecimiento poblacional de la Organización de las Naciones Unidas en el año 2004.

Con base a esta información, según Trieb & Müller-Steinhagen (2007), se estima que para 2050 la población en Europa se establezca alrededor de 600 millones de habitantes mientras que en la región MENA se espera un crecimiento de 300 millones en el año 2000 a 600 millones de habitantes. Esto significa que la demanda no sólo de electricidad y agua pero también la de alimentos y otros servicios, especialmente en la región MENA, se duplicarán para mitades del siglo XXI.

Según Trieb & Müller-Steinhagen (2007), para 2050 el consumo de electricidad en Medio Oriente y Norte de África rondaría cerca de los 3000 TW/año mientras que el consumo europeo aumentaría a 4000 TW/año estabilizándose en esta cantidad. Los modelos realizados

³⁴ Cita original en inglés: The paper describes a scenario of electricity demand and supply opportunities by renewable energy in the integrated EUMENA region up to the middle of the century, and confirms the importance of international cooperation to achieve economic and environmental sustainability.

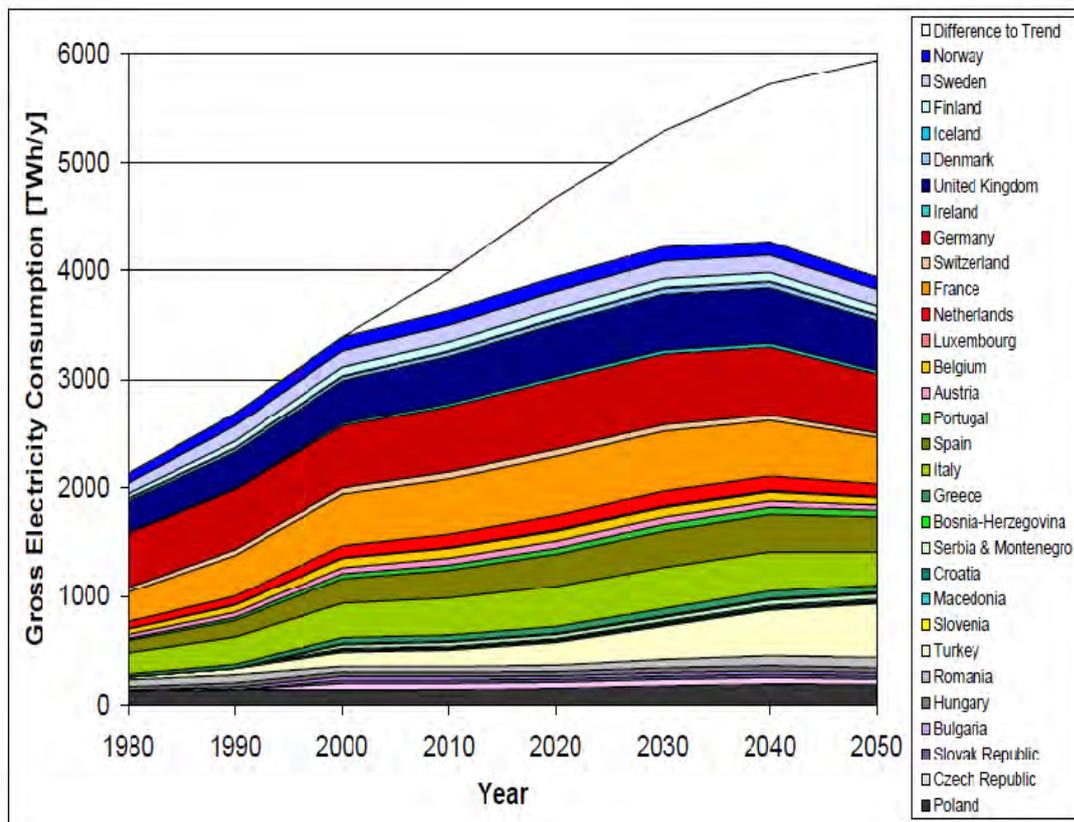
³⁵ Cita original en inglés: It shows that a transition to competitive, secure and compatible supply is possible using renewable energy sources and efficiency gains, and fossil fuels as backup for balancing power. A close cooperation between EU and MENA for market introduction of renewable energy and interconnection of electricity grids by high-voltage direct-current transmission are keys for economic and physical survival of the whole region.

para los estudios de Desertec muestran menores niveles de demanda estimada a comparación con otros escenarios ya previstos.

A continuación se presentan las gráficas finales, publicadas en el Libro Blanco, y que muestran la demanda de energía en la región EU-MENA y déficit de agua dulce en la región MENA para el año 2050, tomando como base 50 países en total de toda la región EU-MENA. Posteriormente se presentan las gráficas de cantidad de energía generada en ambas regiones, pronosticadas para el año 2050.

Estas imágenes muestran gráficamente los argumentos empleados por DESERTEC para respaldar la idea de que este proyecto es una necesidad y oportunidad para poder amortiguar los problemas que en un futuro se tendrán que enfrentar los países de dicha región.

Figura 2: Escenario de la Demanda de Electricidad de Países Europeos Estudio (TRANS-CSP, 2006)³⁶

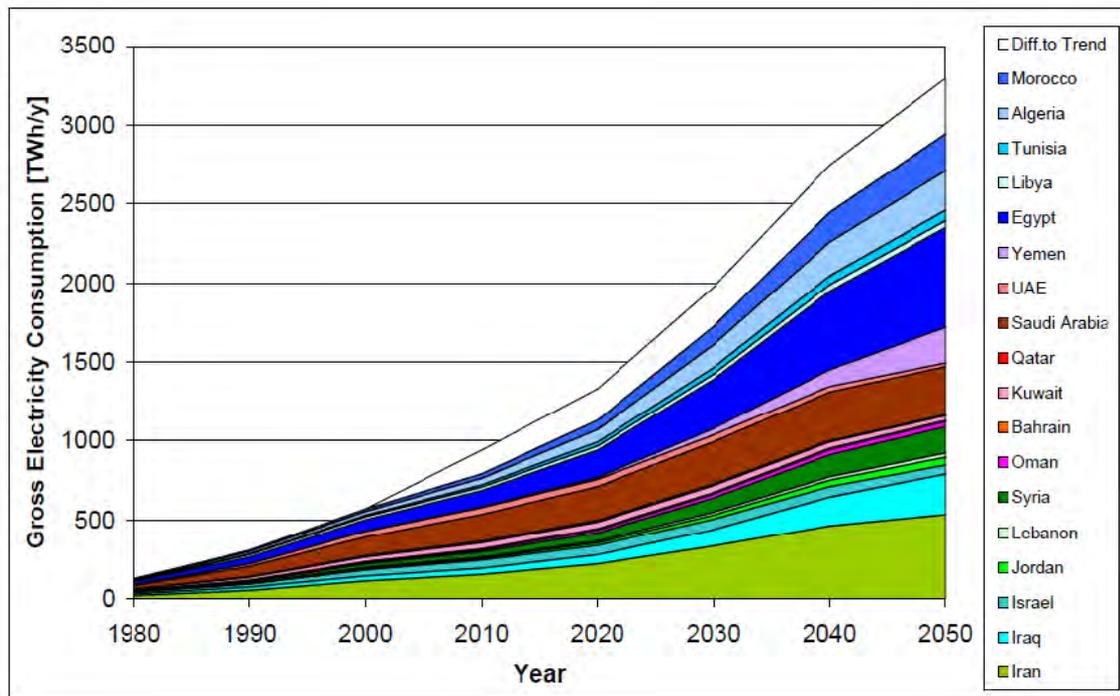


En la figura 2 se puede observar un aumento en la demanda energética a partir del 2000 que sigue aumentando hasta el año 2030, donde se espera que la demanda se estabilice hasta el 2040. A partir de este año puede notarse que hay una disminución, pero ésta es debido a que

³⁶ Imagen que muestra los resultados del estudio TRANS-CSP publicada en el Libro Blanco (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 25)

el escenario se torna un tanto incierto para los países europeos, “es posible una demanda estancada o de lento crecimiento dado que el aprovechamiento de eficiencia pueda ser transformado en nuevos servicios no considerados en el estudio tales como, por ejemplo, vehículos eléctricos o hidrógeno para el sector transporte³⁷” (Trieb & Müller-Steinhagen, 2007, p. 24).

Figura 3: Escenario de la Demanda de Electricidad de Países de Medio Oriente y África del Norte (Estudio TRANS-MED, 2005)³⁸

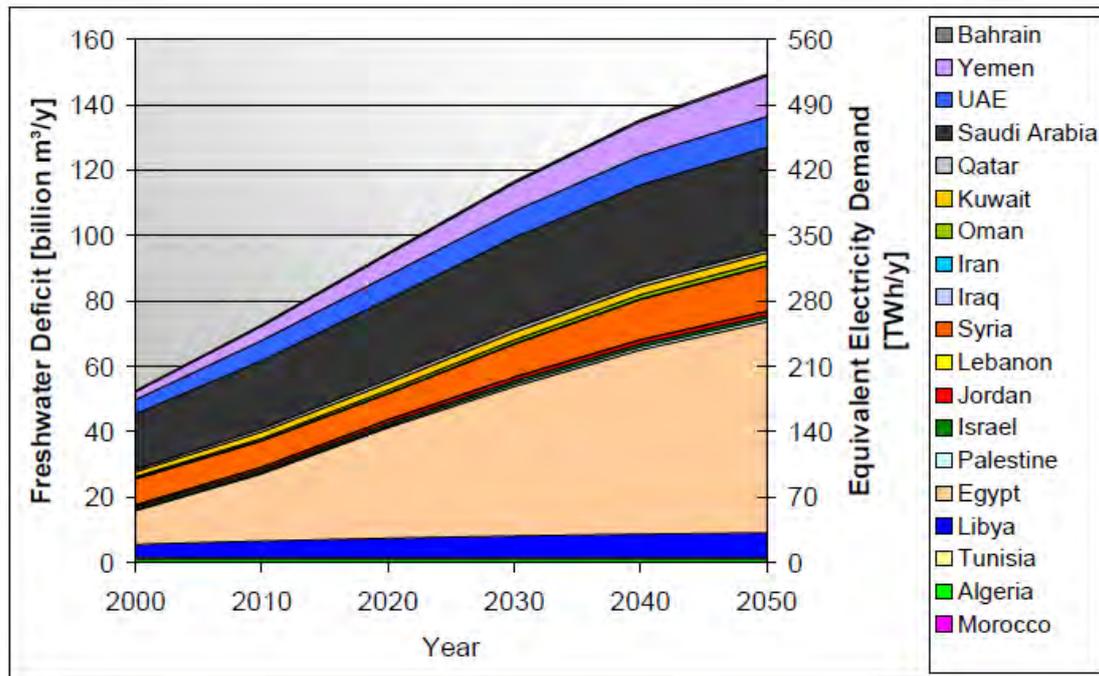


La figura 3 presenta el escenario para la región MENA. Puede observarse que es muy diferente al escenario de la figura 1 presentado para los países europeos. Primero que nada para los países MENA se presenta un incremento en la demanda hasta el año 2050, situación que para la región EU no se pudo calcular debido a la incertidumbre. También esta figura muestra un incremento en la demanda bruta de electricidad hasta el año 2050, sobrepasando los 3,000 TWh/año, que es lo que en el año 2000 era demandado en Europa. Los países con mayor crecimiento en la demanda eléctrica son Egipto, Arabia Saudita, Iraq e Irán.

³⁷ Cita original en inglés: Stagnant or slowly growing demand is also a possibility, since efficiency gains may be transformed into new energy services not considered here, such as, for example, electric vehicles or hydrogen for the transport sector.

³⁸ Imagen que muestra los resultados del estudio TRANS-CSP publicada en el Libro Blanco (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 25)

Figura 4: Déficit de Agua Dulce y su Equivalente de Demanda Eléctrica por Destilación de Agua del Mar*³⁹

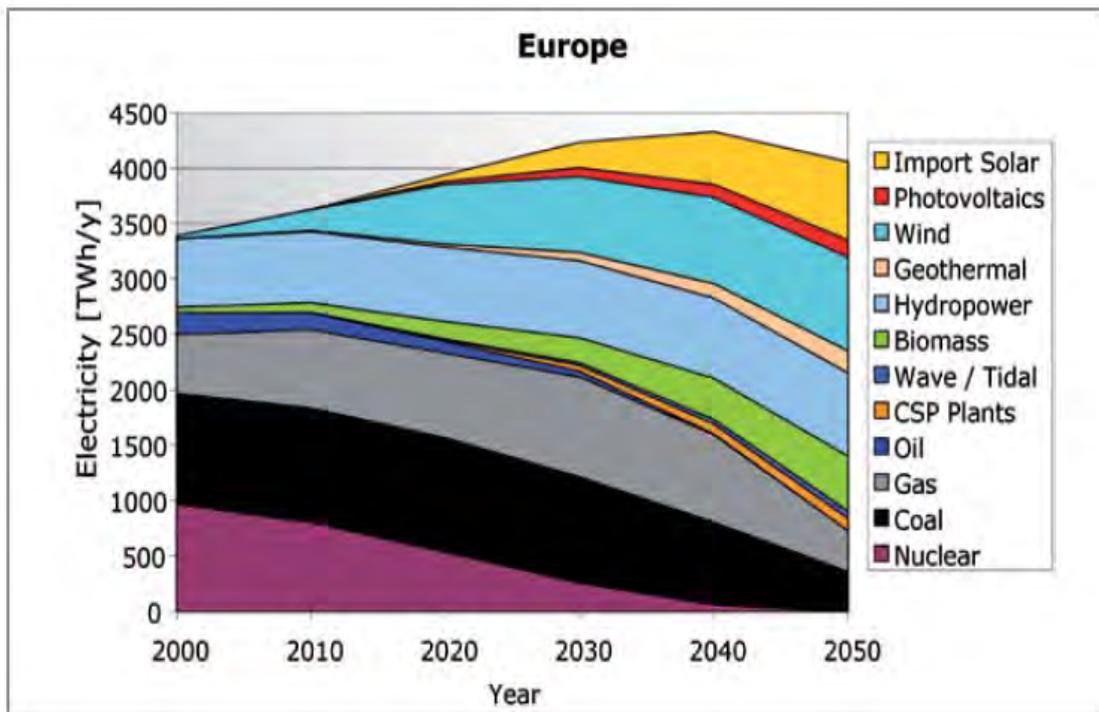


Como se muestra en la figura 4, existe ya en la Región MENA un déficit de 60 mil millones m³ que aumentará a 150 mil millones m³ para el 2050. Este es un problema muy serio al que estos países se enfrentarán. Trieb y Müller-Steinhagen (2007) explican que parte de la electricidad limpia generada podrá destinarse al uso en destilación de agua de mar para así poder cubrir parte de la demanda de agua dulce de los países de la región MENA. Considerando que en promedio 3.5 kWh de electricidad es necesaria para la destilación de un metro cúbico de agua de mar, para 2050 habría una demanda adicional de casi 550 TWh/año por año únicamente para destilación.

³⁹ Imagen que muestra los resultados del estudio TRANS-CSP publicada en el Libro Blanco (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus, et al., 2007, p. 26)

*El déficit de Agua dulce es definido por Trieb y Müller-Steinhagen (2007) como la diferencia entre la demanda de agua y los recursos renovables de agua dulce.

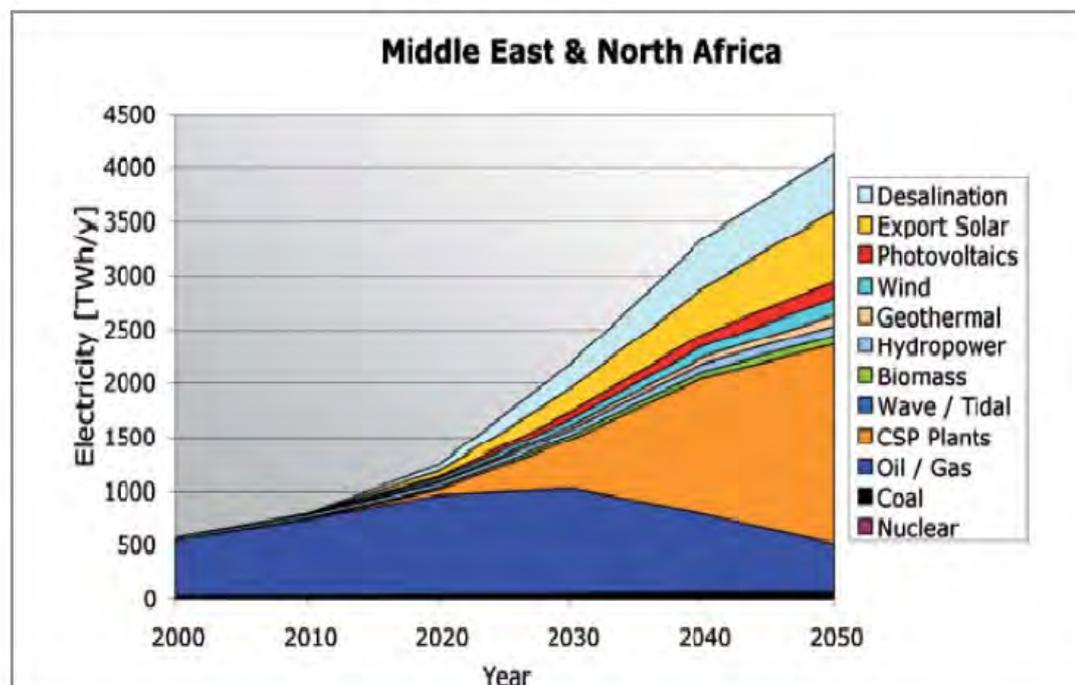
Figura 5: Electricidad generada por medio de las diferentes formas de energía primaria en Europa (incluyendo la importación de energía solar de la región MENA)⁴⁰



En la figura 5 se muestra como de acuerdo a estas predicciones para el año 2030 la electricidad generada por medio de combustibles fósiles desaparecerá siguiéndole para 2040 la energía nuclear. Mientras que un poco antes del 2020 la energía solar importada empieza a jugar un papel que para el 2040 habrá cobrado más fuerza e importancia. Al igual que la energía importada, la energía eólica también presentará un aumento en su generación. También puede observarse una aparición en energía fotovoltaica y geotérmica. El caso para Europa es también diferente ya que a partir de 2040 no se presentaron resultados concretos.

⁴⁰ (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 31)

Figura 6: Electricidad generada en la región MENA para la demanda estimada en la región MENA⁴¹



En esta tabla se puede observar la cantidad de energía generada para satisfacer la demanda pronosticada para el año 2050. Se puede ver en principio que un aumento en la cantidad de electricidad generada es enorme en la región MENA. De 500 TWh/año aumenta hasta más de 4,000. Esto deja ver que actualmente no se están aprovechando parte de los recursos en la región para la generación de electricidad. Así mismo puede observarse un gran incremento en la generación de electricidad por medio de los diferentes tipos de energías limpias, en especial por CSP y se pronostica una cantidad de electricidad proveniente de combustibles fósiles decreciente a partir del año 2030. Es precisamente en el año 2030 cuando la cantidad de electricidad generada por tecnologías limpias empieza a aumentar de manera más rápida. También, la primera línea, muestra cuanta cantidad de energía podría empezar a destinarse para destilación de agua de mar, que a partir de 2020 juega un papel cada vez mayor, supliendo así, una de las necesidades esenciales para que la humanidad pueda subsistir.

Por último se presenta una imagen que enseña cómo se planea hacer la red entre los países a través de líneas de alto voltaje junto con la tabla de indicadores principales de corriente directa de alto voltaje HVDC (por sus siglas en inglés High Voltage Direct Current), ambas presentadas en el Libro Blanco de DESERTEC.

⁴¹ (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 31)

Figura 7: Concepto de una red EUMENA interconectada por medio de corriente de Alto Voltaje⁴²

Aquí se muestra el escenario regional en cuanto a la generación de electricidad, por ejemplo se puede ver que en África y Medio Oriente la principal fuente para la generación de energía eléctrica es la de CSP. Mientras que en Europa es la energía eólica.

En esta imagen también se muestra las distintas tecnologías limpias para lograr un mix que busca aprovechar los recursos dados en dichas regiones geográficas.



⁴² (Klaus, et al., 2009, p. 1)

Figura 8: Indicadores para la interconexión de EUMENA de HVDC para CSP de 2020-2050 de acuerdo al TRANS-CSP escenario⁴³

Year		2020	2030	2040	2050
Transfer Capacity GW		2 x 5	8 x 5	14 x 5	20 x 5
Electricity Transfer TWh/y		60	230	470	700
Capacity Factor		0.60	0.67	0.75	0.80
Turnover Billion €/y		3.8	12.5	24	35
Land Area km x km	CSP HVDC	15 x 15 3100 x 0.1	30 x 30 3600 x 0.4	40 x 40 3600 x 0.7	50 x 50 3600 x 1.0
Investment Billion €	CSP HVDC	42 5	143 20	245 31	350 45
Elec. Cost €/kWh	CSP HVDC	0,050 0,014	0,045 0,010	0,040 0,010	0,040 0,010

Esta tabla es importante porque enseña de una forma un poco más detallada los resultados en cuanto a costos de CSP y HVDC y en la capacidad de transferencia del año 2020 al 2050. En cuanto a transferencia se puede ver que hay un aumento bastante grande para 2050 se espera que líneas con 5 GW de capacidad transmitan alrededor de 700 TWh/año. También para 2050 el área tanto de CSP y HVDC habrá aumentado haciendo posible el intercambio de electricidad de 20-40 diferentes localidades en la región MENA a Europa con una pérdida de alrededor 10%. La inversión será aproximadamente de 395 mil millones de euros de los cuales 350 mil millones serán invertidos en CSP y 45 mil millones en HVDC, lo que llevará a una disminución en el costo de la electricidad en euros sobre kWh tanto en energía CSP y HVDC sumando alrededor de 5 € centavos/kWh

En el 2050, de veinte a cuarenta redes de poder con una capacidad de 2500-5000 MW que podrían proveer, cada una, alrededor del 15% de la electricidad europea de una forma limpia proveniente de los desiertos, motivada por una producción de bajo costo de alrededor de 5 €-centavos/kWh (sin contar posibles reducciones vía carbón)... y para futuras pérdidas de transmisión se espera que disminuyan a un 5% por cada 3,000 km gracias a nuevos desarrollos en la tecnología HVDC (Asplund, 2007)” (Trieb & Müller-Steinhagen, 2007, p. 34).

⁴³ (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 34)

3.4. Del Libro Blanco a la puesta en marcha de la Joint Venture Dii

Dos años después de la presentación del Libro Blanco, el 30 de octubre de 2009 se formó una sociedad, fundada por doce socios y la fundación Desertec. Esta sociedad de responsabilidad limitada se conoce como DII, y su objetivo principal es “acelerar la implantación del concepto Desertec, propuesto por la fundación Desertec.” (Anon., 2009, p. 1)

Esta iniciativa industrial surgió para que por medio de una red de inversiones se pueda llevar a cabo el proyecto de suministro de electricidad por medio de energías limpias, principalmente energía solar y eólica, para la región EU-MENA, buscando así que para el año 2050 el 15% de la demanda energética europea y también parte de la demanda de la región MENA sean abastecidos por medio de plantas termosolares y eólicas. El papel principal de DII es enfocarse en las condiciones económicas, técnicas y de regulación según explicó el director Paul van Son en la nota de prensa

Reconocemos y apoyamos la visión Desertec como elemento crucial para la transición al abastecimiento de energía sostenible a las regiones MENA y Europa. Ahora es el momento de hacer de esta visión una realidad. Esto implica una intensa cooperación con distintos partidos y culturas para crear un fundamento sólido que haga factible las inversiones en tecnologías de energías renovables y redes eléctricas. El DII se centrará primordialmente en las condiciones económicas, técnicas y de regulación necesarias para que el proyecto se lleve a cabo con éxito. Las primeras fases servirán de referencia para planes adicionales de puesta en marcha del Dii y otros grupos” (Anon., 2009).

Hoy en día DII cuenta con 18 socios, 19 accionistas y 15 países representados en la red. En 2012 Dii hizo un estudio conocido como Desert Power 2050 para poder visualizar de una manera más concreta el concepto Desertec y su puesta en práctica. Pero para Dii lo propuesto inicialmente por Desertec no es lo único sino busca ir más allá

Desert Power 2050 muestra como algunos conceptos de la “Visión Desertec” podrían funcionar en la práctica, pero va más allá. Demuestra como, basándose en tecnologías ya comprobadas, los recursos solar y eólico pueden combinarse eficientemente a la región EUMENA con energía asequible y sostenible. Por tanto, expande la “Visión Desertec” al pensar en la región MENA como consumidora y no solamente como productora (Zickfeld & Wieland, 2012, p. 5).

En este estudio se plantearon diferentes hipótesis para evaluar los diferentes escenarios futuros para la integración de sistemas eléctricos en la región EU-MENA, y los resultados en los diferentes casos muestran que una red como la que se espera hacer es valiosa en todas las circunstancias previsibles, “el principal mensaje del análisis de los diferentes casos no puede ser más claro: La integración de la red eléctrica a través del Mediterráneo es valiosa en todas las circunstancias previsibles” (Zickfeld & Wieland, 2012, p. 19).

Posteriormente, en Junio 2013, el DII publicó su segundo estudio conocido como *Desert Power: Getting Started* en donde “propone las primeras medidas prácticas para la generación de electricidad de forma asequible y sostenible en todos los países de la región EUMENA, asimismo este informe presenta una perspectiva del sector privado sobre el Plan Solar Mediterráneo⁴⁴” (Bartolot , et al., 2013, p. 3)

Se podría decir que DII fue fundada para poner en práctica y hacer realidad la visión Desertec, siendo los encargados no sólo de elaborar estudios sino de proponer también planes a mediano y largo plazo para con el tiempo, llevar los modelos ya elaborados a ser una realidad para el 2050.

Después de 4 años de la fundación de DII, Desertec anunció en verano de 2013 que saldría del grupo DII para así poder tener un papel neutral como Organización no lucrativa. Sin embargo, DII (2013) anunció que esta salida no cambiaría sus metas, estrategias o actividades. Por lo que ahora la organización buscará poner en práctica y aplicar la visión Desertec sin el apoyo directamente de ésta.

3.5. Conclusiones del capítulo: ¿Utopía o realidad?, un análisis de la visión Desertec

Parecería que en sí toda la idea de invertir en plantas que generen energía eléctrica de tecnologías limpias para abastecer a diferentes países de tres diferentes regiones geográficas suena como si fuera un sueño, algo que en teoría es perfecto pero en la práctica sólo enfrenta más y más obstáculos. Preguntas como: *¿Cómo y cuándo serán las tecnologías limpias competitivas con las convencionales?, ¿Cuándo bajarán los costos de las tecnologías limpias? ¿En qué magnitud disminuirán las emisiones de CO₂? ¿Qué hay de la estabilidad económica y política de los países en la región MENA? ¿Es posible romper los esquemas*

⁴⁴ Cita original en inglés: Getting Started (DP:GS), proposes pragmatic first steps towards sustainable and affordable electricity for all of EUMENA. This report thereby also presents a private-sector perspective on the Mediterranean Solar Plan.

convencionales de generación de energía?, son inevitables que vengan a la mente cuando se expone un proyecto de tal magnitud. La verdad es que entre más se estudia un proyecto como el de EUMENA más se puede dar cuenta uno de la realidad de los desafíos y obstáculos por vencer como:

Disminución de costos: Con el paso del tiempo los costes en las energías limpias han caído convirtiéndolas cada vez más en fuentes de energía competitivas ante los combustibles fósiles. En agosto de 2013 la firma Lazard Freres & Co publicó su estudio, LCOE donde muestra cómo desde 2008 los costos en algunas de las energías limpias como paneles solares y eólica han disminuido de tal manera que se han convertido en fuentes de energía competitivas ante las fuentes convencionales. Este estudio está basado en información pública de Estados Unidos. De 2008 a 2013 energías como la solar y eólica han podido disminuir en un 50% sus costos, probablemente en 5 años estas mismas tecnologías podrían disminuir sus costos en algún porcentaje mayor. La energía solar y eólica presentan costos, entre el rango de \$68-\$104 por MWh, siendo competitivos frente a las tecnologías convencionales que rondan entre los \$61-\$154 por MWh. Los datos presentados son sin tomar en cuenta los subsidios que el gobierno de Estados Unidos destina a las diferentes fuentes de energías. Hablando meramente de costos sin ningún tipo de subsidios, la energía solar y eólica se acercan cada vez más a los costos de los combustibles fósiles. Es muy importante recordar que los subsidios destinados por parte del gobierno norteamericano a los combustibles fósiles, disminuyen en gran manera los precios finales.

Por lo que así como en Estados Unidos, para llevar a cabo un proyecto tan ambicioso en la región EUMENA, es necesario el apoyo incondicional de la política energética. Primero que nada es mencionar que los subsidios pueden llegar a jugar un papel extremadamente importante, ya que por medio de estos se puede disminuir el costo de la producción de la electricidad, por lo que si se quiere lograr un papel mucho más activo de las energías renovables en el sector energético es necesario incentivar su producción y concederle ayuda económica para su producción, tal cual se le concede a la energía convencional. También la política energética es muy importante ya que para que un proyecto como lo es el de la región EUMENA, es necesaria la acción y apoyo político no sólo nacional sino también internacional. Los cinco puntos principales que se obtuvieron como conclusión de los resultados de los estudios hechos por Desertec en cuanto a la acción nacional e internacional para la región EUMENA son (véase Libro Blanco página 40):

- Enfoque de eficiencia: Aumento en el apoyo para la investigación, desarrollo e introducción al mercado de las medidas para abastecimiento eficiente, distribución y uso de energía.
- Enfoque de energía renovable: Proveer un marco fiable para la introducción de mercado de tecnologías renovables existentes basado en la mejor experiencia en práctica y aumentar el apoyo en investigación y desarrollo de mejoras prometedoras.
- Enfoque de cooperación interregional: Iniciar una asociación EUMENA para energía sustentable que promueva el apoyo europeo para acelerar el uso de energía renovable en la región MENA.
- Enfoque de interconexión: iniciar el planeamiento y evaluación de la red de corriente directa de alto voltaje para poder combinar los mejores recursos de energía en la región y para incrementar la diversidad y redundancia del abastecimiento.

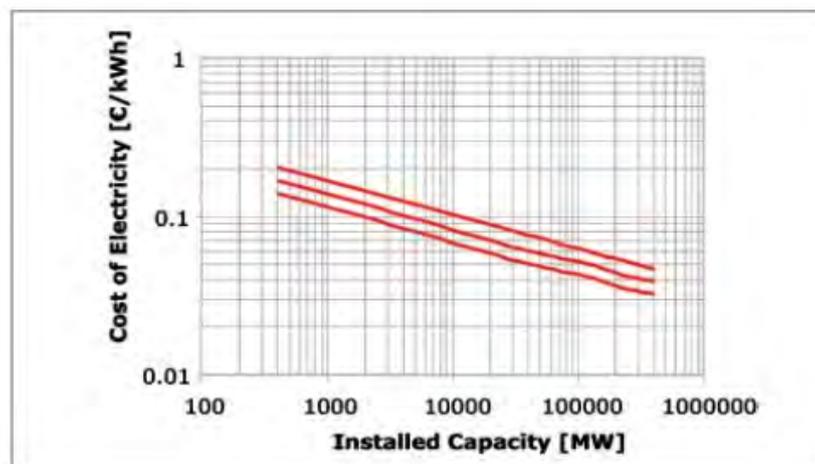
Enfoque de balance de producción: apoyar la investigación y desarrollo para la combinación del uso de combustibles fósiles de electricidad masiva a una producción de electricidad en balance.

En el mismo reporte se menciona en las conclusiones que aún hay desafíos para las tecnologías limpias y que sin duda alguna éstas serán complementarias a las convencionales en la generación de energía eléctrica. Una de las ventajas en cuanto a costos que las energías limpias tienen es que para la generación de electricidad la materia prima, por ejemplo el sol y viento tienen un costo de cero, mientras que las tecnologías convencionales que están basadas en combustibles fósiles dependen completamente de los precios y escasez de los mismos.

El concepto Desertec, como ya se había mencionado antes, promueve el uso no solo de un tipo de generador de electricidad sino buscar un “mix”, es decir una mezcla de los diferentes tipos de energías, dependiendo de las capacidades de las diferentes regiones, incluyendo también el uso en algunos casos, de los combustibles fósiles como complemento al mix energético. Pero en el informe presentado por Desertec, se promueve principalmente la instalación de plantas CSP, la cuáles resultan más cara que por ejemplo, paneles fotovoltaicos.

Debido a que en la figura 8 no se menciona la energía CSP a continuación se presenta una gráfica donde se ilustra la proyección futura del costo de electricidad [€/kWh] por capacidad instalada de acuerdo a las proyecciones presentadas en el Libro Blanco de Desertec.

Figura 9: Costo esperado de electricidad €/kWh de CSP en función de capacidad instalada⁴⁵



Instalando plantas CSP a nivel mundial, puede alcanzarse una reducción del costo de electricidad solar gracias las economías de escala con un progreso proporcional de alrededor 85-90%. Por ejemplo, una planta CSP hoy produce electricidad a 0.14-0.18€/kWh dependiendo de la radiación solar [...] Con 5,000 MW instalados mundialmente el costo bajaría a alrededor de 0.08-0.12€/kWh y a 0.04/0.06€/kWh una vez que 100 GW fueran instalados. Un pre-requisito para lograr esta reducción de costo es, una expansión global de 415 MW hoy en día a 28 GW aproximadamente para 2020 y para 2030 140 GW incluyendo capacidades para destilación de agua salda [...] A largo plazo, un total de 500 GW podrían estar instalados para 2050⁴⁶ (Trieb & Müller-Steinhagen, 2007, p. 36).

Entonces, de acuerdo con lo planteado por Desertec para que este proyecto sea viable es necesario que aumente la demanda de plantas CSP así entre mayor capacidad instalada de éstas el costo de energía generada por kWh logre bajar llegando en 2050 a un costo de 0.04€/kWh. Aquí es en donde uno de los mayores obstáculos debe de ser vencido pero para que esto pueda suceder es necesario la intervención del mercado global de plantas CSP.

⁴⁵ (His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , et al., 2007, p. 37)

⁴⁶ Cita original en inglés: Installing CSP plants world wide, a reduction of the solar electricity cost due to economies of scale can be achieved with a progress ratio of about 85-90 %⁴ (Pitz-Paal et al. 2005). As an example, a CSP-plant today can produce electricity at about 0.14-0.18 €/kWh depending on solar irradiance [...]. With 5000 MW installed world-wide the cost would drop to about 0.08-0.12 €/kWh, and to 0.04-0.06 €/kWh once a capacity of 100 GW would be installed⁵. A prerequisite for this cost reduction is a global CSP expansion from 415 MW today to about 28 GW by 2020 and roughly 140 GW by 2030 including capacities for seawater desalination (MED-CSP 2005), (TRANS-CSP 2006), (AQUA-CSP 2007). In the long-term, a total of 500 GW could be installed by 2050.

Desertec arroja sus resultados basándose en una supuesto disminución de precios dado por un aumento en la demanda de plantas CSP, pero ¿Qué pasará si esto no sucede? Es una especulación que podría costar la victoria o el fracaso a un proyecto de tal magnitud.

En los últimos años se ha visto un crecimiento en el uso de energía CSP en España y Estados Unidos

Después de años de iniciativa, el mercado de la energía solar térmica por concentración (CSP) ha visto un incremento de alrededor 740 MW entre 2007 y finales de 2010. Más de la mitad de esta capacidad (aproximadamente 478 MW) fue instalada durante el 2010, llevando a un total global de 1095 MW [...] España añadió 400 MW en 2010, teniendo la ventaja global con un total de 632 MW, mientras que Estados Unidos de Norteamérica finalizó el año con 509 MW[...] El crecimiento de CSP se espera que continúe a un paso rápido. Para Abril de 2011, otros 946 MW estaban siendo constuidos en España con una nueva capacidad total de 1,789 MW que se espera que este operando para finales de 2013⁴⁷ (Swain & Martinot, 2011)

En Abu Dhabi se inauguró en 2010 el proyecto más grande de CSP en el mundo llamado Shams 1, con una inversión de 600 millones de dólares que busca obtener un total de 100 MW por medio de 258,048 espejos. Se calcula que aproximadamente unas 175,000 toneladas de emisiones de CO₂ menos por año. Futuros proyectos como Shams 2 y Shams 3 están en puerta.

No es seguro que las predicciones de Desertec vayan a cumplirse, la realidad apunta a que todavía no se llega al costo esperado, pero en los últimos años se han instalado grandes estaciones de CSP en diferentes partes del mundo lo que deja la puerta abierta para una mayor demanda de estaciones CSP. Predecir el futuro definitivamente no es fácil y nunca se sabe con certeza que es lo que aguarda, pero al menos ya hay proyectos en marcha, lo que al final del día no hace a un proyecto como el de la región EUMENA tan inalcanzable.

Una red eléctrica que conecta a 3 regiones geográficas: No es posible hablar sobre un proyecto de generación de energía eléctrica de este tipo sin pensar en el medio de transporte.

⁴⁷ Cita original en inglés: After years of inactivity, the concentrating solar thermal power (CSP) market has seen about 740 MW added between 2007 and end-2010. More than half of this capacity (approximately 478 MW) was installed during 2010, bringing the global total to 1095 MW [...] Spain added 400 MW in 2010, taking the global lead with a total of 632 MW, while the US ended the year with 509 MW after adding 78 MW [...] CSP growth is expected to continue at a rapid pace. As of April 2011, another 946 MW were under construction in Spain with total new capacity of 1,789 MW expected to be in operation by the end of 2013

Como ya se había mencionado en el capítulo el proyecto plantea la transmisión de electricidad por medio de una red combinada de corriente directa de alta tensión (HVDC) y líneas de transmisión convencional de corriente alterna (AC).

DII, en su estudio *Getting Started*, plantea tres diferentes modelos de negocio para abordar el tema de la infraestructura de las interconexiones entre la región MENA y Europa donde la principal conclusión es que es necesario un compromiso a largo plazo y el apoyo para las medidas necesarias de la UE con todos los instrumentos. Así mismo “deben de diseñarse normas de atribución de capacidad que garanticen que las interconexiones puedan usarse con flexibilidad durante su vida útil, por ejemplo mediante derechos financieros de transmisión a largo plazo⁴⁸” (Bartolot, et al., 2013, p. 12). Estos tipos de contratos resultan muy importantes ya que permiten reducir la incertidumbre al asegurarse que por un periodo a largo plazo la infraestructura instalada podrá usarse.

La cuestión en el tema de transporte no es sólo un aspecto económico a discutir sino más bien lo que implica pedir el apoyo de la Unión Europea, por que para poder lograr un sistema interconectado como el que se busca, es necesaria la participación de la Unión Europea, por lo que para que este proyecto pueda ponerse en marcha es fundamental el apoyo de las instancias más altas de la UE. Por lo que al final del día se puede reducir a un simple “sí” o “no” por parte de la UE para seguir o destruir el proyecto para la región EUMENA.

Así mismo tener un sistema interconectado de esta magnitud no sólo se reduce a la decisión por parte de las instancias europeas también se debe de tener en cuenta la situación y estabilidad política, económica, comercial y de seguridad entre los países del Norte de África y Medio Oriente, las cuales pueden cambiar el panorama completamente, pero este es un riesgo que se debe de tomar si se quiere llegar a la realización de este proyecto.

De la generación de electricidad a la exportación e importación: sobre la importación y exportación de este proyecto podría hacerse un estudio completo. Los impactos que se pueden obtener en las diferentes regiones son diferentes y afectan completamente al comercio nacional e internacional. Como bien se sabe países especialmente de la región EUMENA tienen economías dependientes de la exportación e importación de combustibles fósiles. Según los resultados del estudio de impactos socio-económicos de la región EUMENA hecho por DII (The Economic Impacts of Desert Power) los países de la región se verían beneficiados ante una decarbonización de sus economías ya que los países

⁴⁸ Cita original en inglés: capacity allocation rules must be designed so that the interconnector can be used flexibly over its lifetime, e.g. by allowing financial long-term transmission rights

importadores de combustibles fósiles bajarían el consumo de los mismos y tendrían una menor necesidad de importarlos logrando de esta manera independencia energética y mayor liquidez para invertir en las mismas energías renovables. Por el otro lado los países exportadores no presentarían pérdidas ya que aparte de seguir exportando los combustibles fósiles al resto de los países también exportarían electricidad a Europa compensando parte de lo perdido. Para estos países existen dos efectos opuestos ya que por un lado la reducción en la producción de combustibles fósiles puede causar un aumento en la producción de electricidad si los combustibles son valorados al costo de producción. Pero por el otro lado, la descarbonización extiende la vida de sus reservas para exportación.

Para que estos argumentos y supuestos puedan hacerse realidad es necesario la descarbonización no sólo de los países EUMENA pero una descarbonización global, y honestamente para que esto suceda todavía falta mucho. No basta con un cambio en la forma en que se piensa, pero la economía de muchos países dependen prácticamente del comercio de combustibles fósiles. Parece imposible poder cambiar en menos de 50 años la forma de generación de energía que ha predominado en los últimos siglos. De pronto 50 años parece muy poco tiempo para lograr bajar las importaciones y exportaciones de combustibles fósiles y tener una descarbonización mundial. Tal vez son necesarios más de 50 años para poder lograr un cambio en la producción y distribución de electricidad pero irónicamente tiempo es lo que a la humanidad se le está acabando.

La estabilidad política de los países de la región MENA: es importante mencionar que la estabilidad y cooperación política de los países de la región MENA es necesaria para poder llevar un proyecto de tal magnitud. En los últimos años los problemas internos en los países del Norte de África y de Medio Oriente han aumentado, lo que puede ser un gran obstáculo que el proyecto puede enfrentar y que la solución se encuentra fuera del alcance de sus manos, ya que de ellos no depende la estabilidad política y económica de los diferentes países que quieren que forme la red eléctrica EUMENA.

Disminución de emisiones de CO₂: Una de las principales razones para actuar hoy y no esperar más es el cambio climático que la Tierra está enfrentando, pareciera razón suficiente para tomar acciones, ¿cierto? Un proyecto como el de la región EUMENA podría tener un impacto positivo en las emisiones de CO₂ de las próximas décadas. Es decir, con un proyecto cómo este puede reducir las emisiones de CO₂ de 1,790 millones de toneladas por año (en el 2000) a 690 millones de toneladas para 2050, y esperan que mayores reducciones puedan ser alcanzadas en el futuro. “Al implementar nuestro escenario, las emisiones de carbón pueden ser reducidas a valores que son compatibles con la meta de establecer el

contenido de CO₂ en la atmósfera a 450 partes por millón, que es lo considerado necesario por el IPCC para mantener el rango de calentamiento global entre 1.5 y 3.9°⁴⁹” (Trieb & Müller-Steinhagen, 2007, p. 37)

Conclusiones de un análisis de un proyecto como el de EUMENA pueden ser demasiadas, no específicamente económicas pero hay mucho material para estudiar y analizar también desde el punto de vista político y social pero en esta tesis se presenta una posible guía para profundizar en futuros estudios en cuanto a algunos temas relevantes.

⁴⁹ Cita original en inglés: By implementing our scenario, carbon emissions can be reduced to values that are compatible with the goal of establishing the CO₂ content of the atmosphere at 250 parts per million that is considered necessary by the Intergovernmental Panel on Climate Change in order to keep global warming in a range of 1.5 to 3.9 °C.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo se ha enfocado principalmente, como se ha podido leer ya, en el problema gigantesco que el cambio climático antropogénico y el calentamiento global representan para el planeta y cómo la intervención humana puede marcar la diferencia para el presente y futuro. Propone también diferentes soluciones pero todas con un mismo fin: la reducción de las emisiones de gases invernadero, que son principales causantes del calentamiento global para frenar el aceleramiento con el que el clima ha cambiado en las últimas décadas.

El presente trabajo gira en torno al problema del cambio climático y se enfoca en proponer alternativas para poder luchar contra éste. Pero ¿cómo? Esta es una de las principales preguntas a responder por medio de este trabajo. Hay muchas diferentes acciones que se pueden tomar, desde lo individual hasta niveles internacionales. Este trabajo se enfoca principalmente en un concepto que surgió y se desarrolló cómo tal en los últimos años que pareciera ser una alternativa, viable, ante el cambio climático. Este concepto es llamado Desertec. Hay algunos proyectos, ya propuestos, dónde la aplicación de tal concepto pareciera ser una alternativa, no sólo ante el cambio climático pero también por ejemplo económica, a realizar. La hipótesis central del trabajo cómo ya fue expuesto en la introducción se basa específicamente en uno de los proyectos propuestos por Desertec a la región EUMENA, en su viabilidad económica e impacto ambiental.

En el segundo capítulo se expuso lo que el cambio climático es y se trató de probar que éste mismo deja de ser una especulación o mito para convertirse en una realidad. Una realidad que cada vez más especies sobre la tierra están viviendo a tal grado, en algunos casos como los ya expuestos, de su misma extinción. Es muy importante recordar que el cambio climático en sí es un proceso completamente natural y que tarda miles de años en llevarse a cabo. Es el proceso por medio del cual el clima sufre cambios drásticos llevando consigo mismo procesos drásticos de adaptación también. Como también se ha explicado en los últimos siglos este proceso que es natural se ha acelerado debido a la intervención humana. Lo que ha creado lo conocido como cambio climático antropogénico, el cual por su mismo nombre, implica la intervención humana en el proceso. Por lo cual se concluye que es el mismo hombre el causante del aceleramiento del problema mencionado.

Las consecuencias no se pueden predecir en su totalidad pero lo que se ha estimado dejan de ser buenas noticias para convertirse en noticias fatales no sólo para el hombre pero

para cualquier ser vivo sobre la faz de la tierra. Un cambio en uno de los microorganismos más pequeños puede tener un impacto severo en la cadena alimenticia, afectando así, hasta las especies más grandes sobre el planeta. Ningún ser debe de ser subestimado, tal y como el ejemplo del krill, que es principal alimento de animales como las ballenas, focas y pingüinos.

Ejemplos como este sobran. Si uno lee un libro sobre cambio climático o simplemente busca en la web posibles consecuencias, se podrá dar cuenta de la seriedad y gravedad que este fenómeno representa. Pero más allá de en las conclusiones mostrar cómo el calentamiento global está afectando ya al planeta se pretende exhortar a la búsqueda de posibles soluciones. El problema existe y ya no hay nada que se pueda hacer para cambiar lo que ya ha pasado, o traer de vuelta al mundo las especies que ya se han extinguido a causa del cambio climático, pero si es posible tomar acciones para evitar las futuras consecuencias que se han predicho y también las que no lo han sido aún. Lo que es seguro es que hoy hay que empezar a tomar medidas. Medidas que van desde lo particular hasta lo general, desde niveles nacionales hasta la participación internacional.

En el tercer capítulo se expuso la importancia que la ciencia económica juega en el medio ambiente y de cómo ésta misma brinda herramientas para encontrar las soluciones necesarias y requeridas para el medio ambiente. Inclusive según lo propuesto por Stern en el conocido reporte que lleva su mismo nombre, exhorta a la creación de políticas adecuadas para combatir al cambio climático. En este capítulo también se introdujo lo que a energía, en especial la eléctrica representa para la humanidad y lo indispensable que ésta se ha convertido. Pero es ésta misma energía eléctrica la que ha contribuido grandemente al cambio climático por medio de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente de dióxido de carbono.

En este capítulo también se mostró los principales países emisores de dióxido de carbono en los últimos años y la necesidad que se tiene de cambiar esos números y patrones. Es por eso que una de las alternativas para la generación de electricidad y a su misma vez de cuidar al medio ambiente son las energías limpias.

Éste tipo de energías emiten menores cantidades, o más bien casi nada, de gases de efecto invernadero. Éste tipo de energías cada vez están sufriendo reducciones en costos lo que las está acercando cada vez más a ser competitivas con la energía eléctrica creada por métodos convencionales. También las energías limpias representan un gran avance tecnológico y a su vez están abriendo un mercado muy importante para el sector energético.

Es muy importante destacar que una de las principales ventajas que tiene este tipo de energías es que el insumo principal tiene un costo de cero, ya sea por medio del sol, viento, agua, etc. lo que puede convertirse en una gran ventaja frente a los combustibles fósiles que tienen precios altos y no fijos.

Otra de las ventajas que tienen las energías limpias frente a las convencionales es que los insumos son renovables, como bien lo dice su nombre, es decir siempre habrá esos recursos lo que los hace inagotables, escenario por ejemplo que los combustibles fósiles no pueden tener. El mercado de este tipo de energías cada vez está siendo más competitivo y cobrando mayor presencia a nivel internacional. Más países y compañías están volteando hacia éstas para adoptarlas no sólo como principal generador de electricidad pero si como gran parte. El día de hoy el mercado energético convencional tiene mayor peso que el renovable, pero éste último empieza a cobrar más y más presencia. En general se está apostando y esperando que éstas tecnologías cobren mayor fuerza en las próximas décadas. Tan sólo uno de los principales objetivos del Roadmap de la Unión Europea deja ver el papel que en el futuro próximo estas energías van a tener al plantearse que para 2050 se espera una reducción en las emisiones de efecto invernadero en un 85% -95% en base a los niveles de 1995, lo cual es imposible lograr sin el uso de energías limpias. Tan sólo para 2020 la UE se propuso incrementar en un 20% el uso de las energías limpias. Como este ejemplo hay muchos, algunos de los principales fueron mencionados ya, lo que permite concluir que el futuro apunta a un incremento en la producción y consumo de energía procedente de fuentes renovables.

Finalmente, en el último capítulo se expuso lo que el concepto Desertec es y se analizó específicamente una propuesta de proyecto basada en la aplicación del concepto. El proyecto en la zona geográfica EUMENA. El cual muestra que un proyecto de tal magnitud brindaría distintos beneficios a los países participantes tales como: energía limpia (libre de emisiones de GEI), electricidad en todas las localidades interconectadas y un beneficio muy importante que es indispensable para la vida, agua potable por medio de la destilación de agua de mar.

También de acuerdo con lo presentado un proyecto como éste lograría grandes impactos económicos por el intercambio entre los países, donde ambos partidos saldrían beneficiados económicamente ya que principalmente este proyecto ayudaría a cubrir la creciente demanda de energía eléctrica de los países en la región EUMENA estimadas para 2050 y poder seguir desarrollándose no sólo económicamente pero también socialmente. Con

la puesta en marcha de este proyecto también sería una puerta para la creación de empleos, especialmente en los países donde las plantas serían instaladas. Un último impacto positivo sería en el intercambio de combustibles fósiles ya que a los países dependientes de las importaciones de combustibles fósiles les permitiría independizarse en cierta manera, mientras que los países exportadores no percibirían grandes pérdidas debido a la descarbonización en general que se viviría, y también sería una oportunidad de acumular una mayor reserva de sus combustibles fósiles. Pero para que este impacto económico sea positivo para ambas partes es necesario primero una descarbonización mundial. A pesar de que la economía depende grandemente en los combustibles fósiles, tarde o temprano esta descarbonización tendrá que llevarse a cabo, no sólo por necesidades de preservación del medio ambiente, pero también porque los combustibles fósiles no son renovables y pueden llevar, eventualmente a su extinción.

Uno de los principales acontecimientos para que un proyecto de tal magnitud pueda ser posible. Esto es la disminución de precios de las energías limpias para poder ser competitivas frente a las convencionales. Desertec (2007) hace hincapié que uno de los factores necesarios para que el proyecto en la región EUMENA pudiera llevarse a cabo es la disminución de precios específicamente en las plantas CSP por medio de un incremento en la capacidad instalada a nivel mundial. Hoy los precios de las energías limpias cada vez están bajando más y más a tal grado de acercarse a ser competitivas con las convencionales. También se están iniciando grandes proyectos, tal y como el ya mencionado en Abu Dhabi. Pareciera que ésta disminución de precios, acerca cada vez más al proyecto en la región EUMENA a convertirse en una realidad y aumenta la viabilidad en el sentido económico de éste mismo.

Por último, es necesario mencionar que este proyecto permitiría reducir para 2050 en un 38% las emisiones de dióxido de carbono del año 2000, permitiendo así cumplir las metas para 2050, no sólo a la comunidad europea (en base al Roadmap), pero la necesidad global de reducir las emisiones entre un 60%-70%.

Exponiendo así las principales conclusiones de la investigación, es posible decir que la hipótesis es correcta ya que el caso de estudio específico de la región EUMEMA basado en el concepto Desertec si es un proyecto ambicioso que tiene buenas expectativas de éxito económico en cuanto a la generación de electricidad por medio de tecnologías limpias y de su intercambio, alcanzando así diferentes impactos económicos positivos en las diferentes

regiones involucradas y obteniendo como resultado final un impacto positivo ante el fenómeno del cambio climático. En caso de que el proyecto se pusiera en marcha, sería capaz de transformar la matriz energética no sólo en la región EUMENA pero abriría las puertas para la transformación mundial. Pero aún hay obstáculos que deben de sobrepasarse para poder llevarse a cabo, pero con el tiempo se han empezado a percibir cambios positivos. Lo que muestra que sólo es cuestión de tiempo hasta que todo esté alineado para poder ponerse en marcha.

Uno de los principales obstáculos, además de los ya mencionados, es que el proyecto aún está mal administrado ya que para que pueda ser posible es necesario que políticamente esté respaldado. Un proyecto de tal magnitud debe de pasar por diferentes filtros y llevar a un sistema de cooperación de alrededor de 50 países en la materia energética puede llevar años. Y para que también esto suceda es necesario que sea una prioridad en las agendas de los diferentes países, que aún no parece ser de todos.

Otra razón en la que se puede ver la mala administración es en la separación entre la fundación Desertec y Dii, poniendo así en riesgo la posibilidad de llevar a cabo el proyecto. Aunque la fundación Desertec se retiró del proyecto, Dii decidió continuar y tiene la ambición de ponerlo en marcha. Las especulaciones siguen ya que la verdadera razón de la ruptura nunca salió a la luz y deja en tela de juicio la veracidad del proyecto como tal.

Este punto lleva a otro de mucha importancia para que el proyecto aplicado a la región EUMENA pueda ser exitoso. Esto es la estabilidad política, social y de seguridad de los diferentes países involucrados. Tan sólo en el medio oriente y norte de África los problemas políticos y de guerra en Israel, Iraq, Siria, Egipto y Túnez, por mencionar algunos, pueden continuar poniendo freno a la realización del proyecto.

Por último es necesario mencionar que la difusión del problema del cambio climático es necesaria para poder percibir un cambio en los patrones que rigen la vida actual. Sin que las personas, gobiernos y naciones se percaten del problema que se tiene enfrente cualquier tipo de acción será depreciado. Es necesaria la cooperación para poder combatir al cambio climático. Esto es algo que diferentes organizaciones y fundaciones, como la fundación Desertec, se dedican a hacer.

Lo que el cambio climático necesita son cambios. Cambios en el consumo, en la producción, en la distribución, en la mentalidad y en el estilo de vida de todo y de todos. Sin

que haya esta revolución va a ser muy difícil poder combatir al cambio climático. Es momento de empezar a cambiar para poder aspirar a tener un futuro como humanidad.

Futuras investigaciones

Debido a los objetivos específicos para la investigación, quedan abiertas preguntas o puntos clave para futuras investigaciones en relación al mismo tema.

- El consumo de la energía eléctrica. Es claro que debe haber cambios en los patrones de producción y generación de energía eléctrica para poder combatir al cambio climático pero, ¿qué hay del consumo? Qué tipo de cambios en el consumo deben haber para poder tener un impacto completo, es decir no sólo en reducción de emisiones de GEI al incrementar el uso de las tecnologías limpias, pero para realmente cambiar los patrones que rigen la vida actual y tener un impacto en la capacidad de carga. El preservar el ambiente va mucho más allá de únicamente cambiar la cantidad de los gases emitidos con la misma cantidad de energía producida, pero es necesario un cambio en el consumo de energía.
- Un análisis de los impactos sociales y políticos del proyecto propuesto para la región EUMENA: una futura investigación del proyecto de la región EUMENA desde la perspectiva político-social. ¿Cuáles son los impactos sociales y políticos del proyecto de generación de energía limpia de los desiertos en la región? Los alcances y limitaciones que éste posee y los obstáculos específicos en estos sectores en las tres diferentes regiones.
- El concepto Desertec clama ser aplicable siempre y cuando existan las condiciones geográficas aptas, ya que los recursos naturales son los que permiten la producción y abastecimiento de la energía eléctrica ¿Entonces, hay oportunidad para proponer otros proyectos de tal magnitud? Y si la respuesta es si, ¿En dónde? Respuestas a estas preguntas pueden llevar a estudiar y ver la posibilidad de aplicar el concepto en otros lugares.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, F. & Alcántara, V., 1994. *De la ECONOMÍA ambiental a la economía ecológica*. Madrid: Fuhem CIP ecosocial.

Anon., 2009. *Nota de prensa*. [En línea]

Available at: http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/press/PR_DII_Spanish.pdf

[Último acceso: 8 Noviembre 2013].

Australian Government Department of the environment, s.f. *Australian Government Department of the environment*. [En línea]

Available at: <http://www.climatechange.gov.au/>

[Último acceso: 10 enero 2014].

Bartolot, J. y otros, 2013. *Getting Started Desert Power*. [En línea]

Available at: <http://www.dii-eumena.com/fileadmin/Daten/Downloads/Getting%20Started/03%20-%20Full%20Report%20-%20English%20-%20250%20pages/Desert%20Power%20Getting%20Started-Full%20Report%20English-Screen.pdf>

[Último acceso: 13 noviembre 2013].

Blohmke, J., Sohm, M. & Zickfeld, F., 2013. *The Economic Impacts of Desert Power*. [En línea]

Available at: http://www.dii-eumena.com/fileadmin/2013-07-30_Dii_EIDP_EN_Digital.pdf

[Último acceso: 13 Noviembre 2013].

C2ES, s.f. *C2ES Center for Climate and Energy Solutions*. [En línea]

Available at: <http://www.c2es.org/international/key-country-policies/policies-key-countries>

[Último acceso: 10 Enero 2014].

Combet, G., 2011. *Putting Policy into Practice: Release of the Clean Energy Future Legislation Exposure Draft*. [Online]

Available at: <http://www.climatechange.gov.au/ministers/hon-greg-combet-am-mp/speech/putting-policy-practice-release-clean-energy-future>

[Accessed 10 01 2014].

DESERTEC FOUNDATION, s.f. *The Desertec Concept*. [En línea]

Available at: <https://dl.dropboxusercontent.com/u/2639069/DESERTEC%20Concept.pdf>

[Último acceso: 11 Noviembre 2013].

Dii, 2013. *Dii Turning Desert Power into Reality*. [En línea]

Available at: <http://www.dii-eumena.com/press/news/single/article/621.html>

[Último acceso: 12 Noviembre 2013].

EC European Commission, 2014. *European Commission Climate Action*. [En línea]

Available at: http://ec.europa.eu/clima/policies/eccp/index_en.htm

[Último acceso: 11 enero 2014].

EDGAR, 2013. *Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)*. [En línea]

Available at: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts1990-2012&sort=des9>

[Último acceso: 24 Enero 2014].

- ENCC, 2013. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. [En línea]
Available at: <http://www.encc.gob.mx/documentos/estrategia-nacional-cambio-climatico.pdf>
[Último acceso: 14 Enero 2014].
- Environment Canada, 2013. *Environment Canada*. [En línea]
Available at: <http://www.ec.gc.ca/cc/Default.asp?lang=En&n=9853BFC5-1>
[Último acceso: 10 Enero 2014].
- FAO, 2013. *Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture*. [En línea]
Available at: <http://www.fao.org/docrep/018/i3322e/i3322e.pdf>
[Último acceso: 4 Noviembre 2013].
- Flannery, T., 2007. *El Clima está en Nuestras Manos*. Español ed. Madrid: Santillana Ediciones Generales, S.L..
- Friedman, T. L., 2010. *Caliente plana y abarrotada*. Barcelona: Editorial Planeta, S.A. .
- Gilpin, A., 2003. *Economía Ambiental un análisis crítico*. Quinta reimpresión ed. México: Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V..
- Gómez, T. & Romanillos, P., 2012. *El Cambio Climático*. Barcelona: Editorial Océano.
- Gore, A., 2010. *Nuestra elección un plan para resolver la crisis climática*. Primera edición ed. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A. y Océano, S.A..
- GOVERNMENT OF BRAZIL Interministerial Committee on Climate Change, 2008. *Ministério do Meio Ambiente*. [En línea]
Available at: http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/96_11122008040728.pdf
[Último acceso: 11 enero 2014].
- Heckel, M., 2011. *Desertec Energy for Everybody [e-book]*. Kindle DX version ed. Potsdam: s.n.
- His Royal Highness Prince Hassan bin Talal Klaus , y otros, 2007. *Clean Power from Deserts The Desertec Concept for energy, water, and Climate Security*. Primera ed. Hamburgo: TREC Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation.
- IPCC, I. P. o. C. C., 2012. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Nueva York: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- Klaus, H. R. H. P. H. b. T. y otros, 2009. *Clean Power from Deserts*. [En línea]
Available at: http://www.desertec.org/downloads/articles/trec_white_paper.pdf
[Último acceso: 24 Febrero 2014].
- Knies, D., 2007. A brief overview on Global energy, Water and Carrying Capacity Perspectives. En: *Clean Power from Deserts The DESERTEC Concept for energy, Water and climate Security*. First Edition ed. Hamburgo: Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation TREC, p. 58.
- National Renewable Energy Laboratory, 2011. *Renewable Energy an overview: Energy efficiency and renewable energy*. [En línea]
Available at: <http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/27955.pdf>
[Último acceso: 4 abril 2013].

- NRDC, s.f. *Natural Resources Defense Council*. [En línea]
Available at: <http://www.nrdc.org/international/copenhagenaccords/>
[Último acceso: 11 enero 2014].
- O'Connor, S., 2012. *The Australian Collaboration*. [En línea]
Available at: <http://www.australiancollaboration.com.au/pdf/FactSheets/Ecological-economics-FactSheet.pdf>
[Último acceso: 1 Julio 2013].
- ONU, 1992. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Nueva York: Naciones Unidas.
- Pernick, R. & Wilder, C., 2008. *La Revolución Limpia*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
- Ripa, I., 2011. *El Cambio Climático Una Realidad*. Primera edición ed. Barcelona: Editoria Viceversal, S.L.U..
- Rosser, S. J., 2008. *The A-Z of Global Warming*. Kindle DX version ed. s.l.:s.n.
- Smil, V., 2010. *Energy Transitions*. Santa Barbara(California): Praeger.
- Stern, N., 2007. *Ambientum*. [En línea]
Available at: <http://www.ambientum.com/documentos/general/resumeninformestern.pdf>
[Último acceso: 15 enero 2014].
- Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Swain, J. & Martinot, E., 2011. *Renewables Bounced Back in 2010, Finds REN21 Global Report*. [En línea]
Available at: <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/09/renewables-bounced-back-in-2010-finds-ren21-global-report>
[Último acceso: 15 Noviembre 2013].
- Tietenberg, T. & Lewis, L., 2012. *Environmental & Natural Resource Economics*. Ninth Edition ed. s.l.:Pearson.
- Trieb, D. F. & Müller-Steinhagen, D. H., 2007. The Desertec Concept-Sustainable Electricity and Water for Europe, Middle East and North Africa. En: G. Knies, U. Müller & M. Straub, edits. *Clean Power from Deserts*. Hamburgo: Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation TREC, p. 58.
- UN news, 2013. *World population projected to reach 9.6 billion by 2050*. [En línea]
Available at: <https://www.un.org/en/development/desa/news/population/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050.html>
[Último acceso: 10 Noviembre 2013].
- Wolfhart, D. D., Böhme, D. & Hamme, E., 2011. *Renewable Energies Perspectives for a sustainable energy future*. [En línea]
Available at: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_innovationen_energiezukunft_en_bf.pdf
[Último acceso: 4 Julio 2014].

Zickfeld, F. & Wieland, A., 2012. *2050 Desert Power*. [En línea]

Available at: <http://www.dii->

[eumena.com/fileadmin/Daten/Downloads/Desert%20Power%202050/dp2050_exec_sum_span_web.pdf](http://www.dii-eumena.com/fileadmin/Daten/Downloads/Desert%20Power%202050/dp2050_exec_sum_span_web.pdf)

[Último acceso: 1 Noviembre 2013].