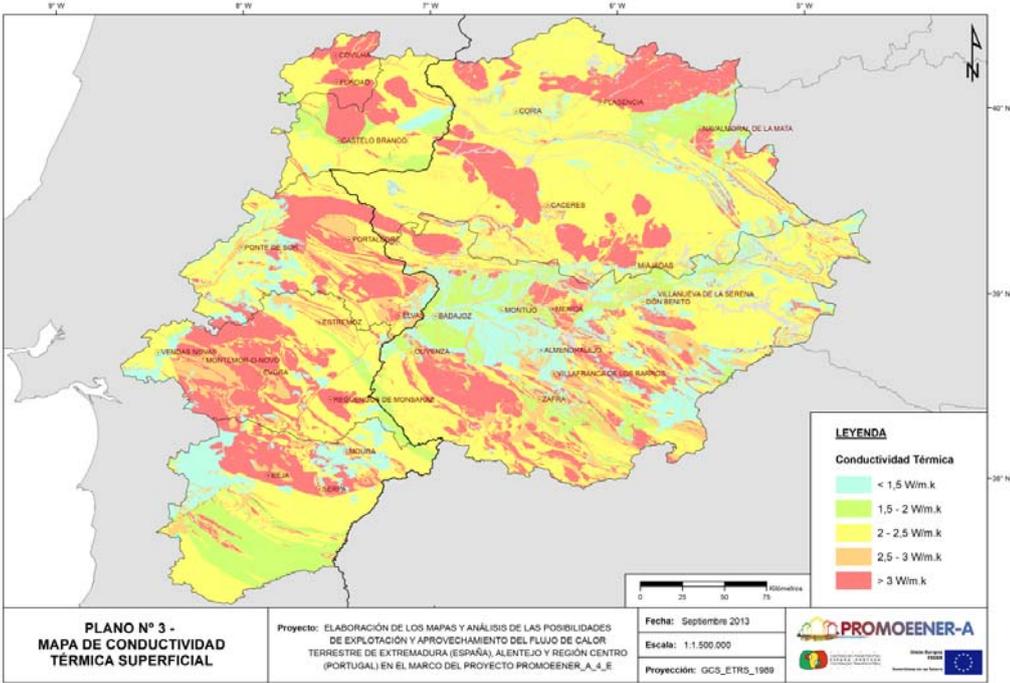


GUIA DE BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA



Octubre, 2013

INDICE

	Pág.
1. PRESENTACIÓN. GEOTERMIA Y ENERGÍAS RENOVABLES.	1
2. CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	2
3. CONSUMO DE AGUA. MEJORA BALANCE HIDRICO.	6
4. EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES. MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE.	7
5. NECESIDADES Y USO DEL SUELO	9
6. OTROS BENEFICIOS GENERALES	9

1. PRESENTACIÓN. GEOTERMIA Y ENERGÍAS RENOVABLES.

Según el informe “Estudio del Impacto Medioambiental de las Energías Renovables en España” del año 2011 realizado por la Asociación de Productores de Energías Renovables –APPA–, la aportación de las renovables al PIB nacional fue en 10.244 millones de euros, aproximadamente el 1% del PIB. Esto significa que el sector de las renovables en España constituye un motor de crecimiento económico y desarrollo territorial contribuyendo a los objetivos globales de política energética y al desarrollo rural de muchas zonas de España.

Con independencia de su aportación al desarrollo económico y social, es importante en la implantación de las energías renovables su contribución a los objetivos de la política medioambiental, dentro de la que el efecto más importante es la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero. Pero otros efectos también notables son el menor consumo de recursos de agua con la consiguiente contribución a la mejora del balance hídrico, la menor emisión de gases contaminantes a la atmósfera como NO_x y SO₂ y una menor ocupación de terreno por parte de las instalaciones de aprovechamiento.

Según el mencionado estudio de APPA, la producción de energía a partir de fuentes renovables sustituyó en 2011 cerca de 60.000 GW.h de combustibles fósiles, evitando una emisión de 33,4 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, 27.000 toneladas de NO_x y 45.000 toneladas de SO₂, ahorrando la importación de 11,7 millones de toneladas equivalente de petróleo, lo que equivale a 2.100 millones de euros.

Como todas las energías renovables, el desarrollo de la industria de la energía geotérmica contribuye a la sustitución de importación de combustibles fósiles que desequilibran la balanza comercial, a la descentralización de la producción energética con el consiguiente desarrollo de comarcas rurales deficitarias en este aspecto y, finalmente, al desarrollo de una industria nacional, que en el caso de la geotermia se centra en los sectores siguientes:

- Sector de la perforación de sondeos
- Sector de la industria electromecánica
- Sector de la climatización de recintos (calefacción y refrigeración) incluido la bomba de calor

Por lo tanto, en síntesis, los beneficios medioambientales del desarrollo del aprovechamiento de los recursos geotérmicos se concretan en los siguientes aspectos más relevantes:

- Contribución a la lucha contra el cambio climático por el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero que supone.
- Contribución a la mejora del balance hídrico por la menor necesidad de consumo de agua.
- Contribución a la mejora de la calidad atmosférica debido a la menor emisión de gases contaminantes respecto de los combustibles fósiles.
- Liberación de espacio por la menor necesidad de ocupación de terrenos que instalaciones equivalentes de otras fuentes energéticas.

2. CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El reducido impacto medioambiental asociado al aprovechamiento de los recursos geotérmicos frente al de la mayoría de las otras fuentes de energía, constituye uno de los argumentos más sólidos para el fomento de su desarrollo. El aprovechamiento de la energía geotérmica supone la aplicación de tecnologías que varían en función del tipo de recurso que se pretende explotar, el cual determina, en último término, el uso al que va a destinarse: producción de electricidad o utilización directa del calor con fines térmicos.

Los recursos geotérmicos emiten gases de efecto invernadero como parte de procesos naturales independientes de la intervención del hombre. Las emisiones de CO₂ asociadas a los usos directos de la energía geotérmica son insignificantes y en los casos de su aprovechamiento para la generación eléctrica, muy pequeñas, si se comparan con las originadas por el empleo de combustibles fósiles.

En las plantas eléctricas que utilizan recursos geotérmicos no se producen emisiones derivadas de procesos de combustión, de modo que la electricidad generada a partir de ellos es medioambientalmente favorable, renovable y sostenible. El rango de emisiones de CO₂ asociadas a yacimientos geotérmicos de alta temperatura aprovechados para la producción de electricidad en todo el mundo es variable, pero dichas emisiones son mucho menores que las producidas por combustibles fósiles.

Las emisiones asociadas a centrales eléctricas geotérmicas de ciclo binario se aproximan a cero, mientras que las procedentes de las plantas *flash* que emplean vapor a alta temperatura varían ampliamente dependiendo del recurso, si bien, en todo caso, resultan muy bajas si se comparan con las registradas en plantas eléctricas que usan combustibles fósiles. Según el *Departamento de la Energía de Estados Unidos (DOE)*, como media, las centrales eléctricas geotérmicas del tipo indicado emiten entre 0,03 y 0,04 toneladas de CO₂ por MWh producido, frente a las 0,91 t CO₂/MWh asociadas a la producción eléctrica a partir de la combustión de carbón. Las cifras aportadas por diversas fuentes a este respecto, recogidas en la figura 1, confirman el ahorro de emisiones de CO₂ que supone generar electricidad en plantas con tecnología *flash* que aprovechan recursos geotérmicos.

Los datos recogidos en el estudio realizado por Bloomfield et al. (2003) reflejan, asimismo, valores mucho más bajos para las emisiones de CO₂ procedentes de centrales eléctricas que emplean recursos geotérmicos de alta temperatura que para las registradas en las plantas que usan combustibles fósiles. En el citado estudio se concluye que el factor de emisión de CO₂ de las plantas geotérmicas de Estados Unidos resulta ser de 91 g/kWh (0,091 t/MWh), valor obtenido a partir de las emisiones medias de todas las instalaciones geotérmicas del país, incluidas las plantas binarias. Si se compara esta cifra con las correspondientes a las emisiones registradas en plantas eléctricas que emplean carbón, petróleo y gas natural, calculadas utilizando datos del DOE, los beneficios ambientales asociados a la producción de electricidad a partir de recursos geotérmicos son evidentes (figura 2).

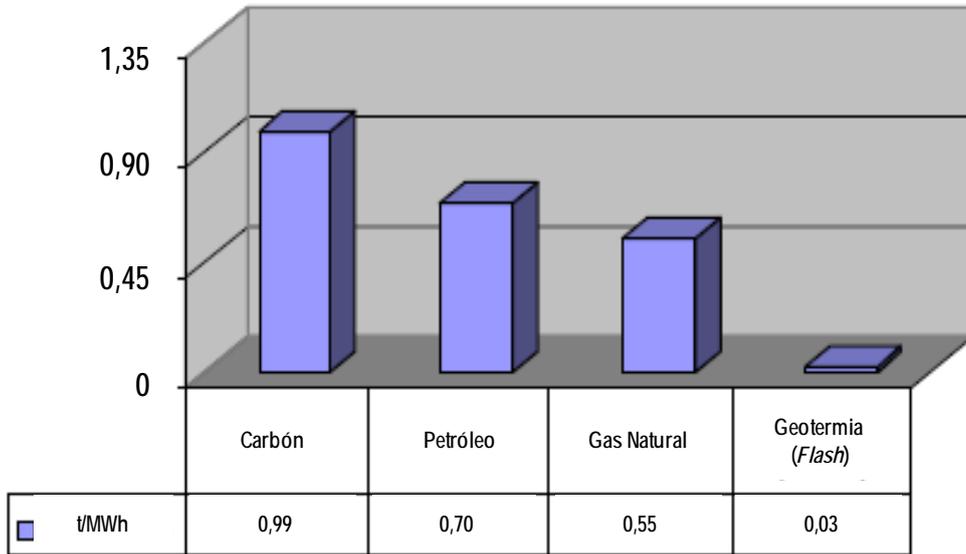


Figura 1. Emisiones de CO₂ asociadas a la producción de electricidad empleando diferentes tecnologías

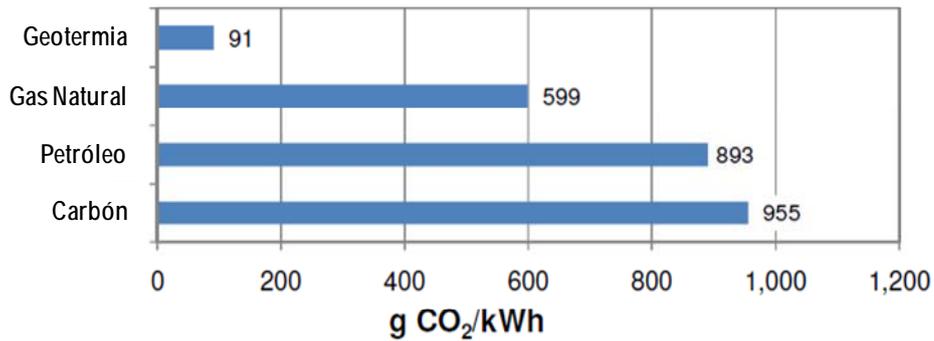


Figura 2. Comparación de las emisiones de CO₂ asociadas a la generación eléctrica a partir de diferentes fuentes de energía en Estados Unidos

Por otra parte, los datos aportados por Bertani and Thain (2002), correspondientes a 85 plantas geotérmicas pertenecientes a 11 países, que representan el 85% de la capacidad total instalada a nivel mundial en el momento del estudio (2001), muestran un amplio rango de variación para las emisiones de CO₂ asociadas a este tipo de plantas, obteniéndose, como media ponderada, una emisión de 122 g de CO₂ por cada kWh producido. Esta cifra se aproxima bastante a la señalada por Bloomfield et al. (2003) para las plantas geotérmicas de Estados Unidos: 91 g/kWh. Puede considerarse, por tanto, un valor en torno a los 120 g/kWh (0,120 t/MWh) para las emisiones de CO₂ de plantas eléctricas que aprovechan recursos geotérmicos de alta temperatura. Cabe señalar que en los lugares donde tiene lugar una importante liberación natural del CO₂ procedente de los yacimientos geotérmicos previa a su explotación, cualquier descenso cuantificable en dicha emisión natural debida al uso de los recursos para la generación eléctrica debe descontarse del índice de emisión medido en la planta.

Por lo que respecta a las emisiones de CO₂ asociadas a recursos geotérmicos de baja temperatura, éstas representan, normalmente, tan sólo una fracción de las procedentes de yacimientos de alta temperatura utilizados para la producción de electricidad. El contenido de gas del agua a baja temperatura es, en muchos casos, mínimo, de modo que las emisiones de CO₂ procedentes de agua geotermal a baja temperatura pueden considerarse despreciables o en el rango de 0-1 g CO₂/kWh (0-0,001 t/MWh), dependiendo del contenido de carbonatos del agua¹.

En la tabla 1 se resumen los factores de emisión asociados a los recursos geotérmicos citados, junto a los resultantes en instalaciones que emplean combustibles fósiles para la generación de electricidad. Su aplicación permite estimar el ahorro de emisiones de CO₂ que supone el empleo de este tipo de recursos en las centrales de producción eléctrica.

Fuente de energía		Factor de emisión (t CO ₂ /MWh)
Carbón		0,99 ^a 0,96 ^c
Petróleo		0,70 ^b 0,89 ^c
Gas Natural		0,55 ^a 0,60 ^c
Geotérmica	Recursos alta temperatura	Plantas <i>flash</i> (USA)
		Todas las plantas (USA)
		Todas las plantas (11 países)
Recursos baja temperatura		0 - 0,001 ^g

Fuentes:

^a Platt's Research and Consulting. Calculados a partir de datos de EPA's Continuous Monitoring System (2003)

^b EPA Clean Energy Impacts (2005)

^c Bloomfield et al. (2003). Calculados a partir de datos de DOE's Energy Information Administration

^d DOE (2000)

^e Bloomfield et al. (2003)

^f Bertani and Thain (2002)

^g IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources - Proceedings. Lübeck, Germany (2008)

Tabla 1. Factores de emisión de CO₂ asociados al aprovechamiento de recursos geotérmicos de alta y baja temperatura y de otras fuentes de energía

¹ IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources – Proceedings. Lübeck, Germany, 20 – 25 January, 2008.

En el caso de los recursos de baja temperatura localizados en yacimientos profundos, las emisiones asociadas a su aprovechamiento son las derivadas del consumo eléctrico de los equipos de bombeo instalados en los sistemas de uso directo diseñados para su explotación. Éstos incluyen las bombas de extracción e inyección del fluido geotérmico, además de las bombas de distribución del agua a los puntos finales de entrega de calor, donde los dispositivos convencionales de calefacción disipan el calor en los ambientes a climatizar. Por tanto, si se considera para la producción de la electricidad consumida por los equipos de bombeo, un factor de emisión de 0,293 t CO₂/MWh, según el *mix* de generación eléctrica en España publicado por *Red Eléctrica* (REE) para 2009, las emisiones asociadas al uso directo de los recursos indicados podrán determinarse del modo siguiente:

$$\text{Emisiones (t CO}_2\text{)} = \text{Consumo eléctrico (MWh)} \times 0,293 \text{ (t CO}_2\text{/MWh)}$$

En cuanto a las bombas de calor geotérmicas, que constituyen, en la mayoría de los casos, la única posibilidad de aprovechamiento de los recursos asociados a la denominada *geotermia somera*, puede afirmarse que representan un potencial considerable en lo que a reducción de emisiones de CO₂ respecta, circunstancia que es posible demostrar si se comparan las emisiones de este gas asociadas al calentamiento de espacios utilizando diferentes fuentes de energía. Los índices de emisión dependen, entre otros factores, de la eficiencia energética del equipo, que se expresa mediante un coeficiente conocido como COP (*Coeficient of Performance*), y de la eficacia del proceso de producción eléctrica.

El COP se define como el cociente entre la energía útil –calorífica o de refrigeración– obtenida de la bomba y la energía de todo tipo que ésta consume. Las bombas de calor precisan de un aporte energético adicional para desarrollar el proceso que permite su uso en sistemas de climatización, que, en la mayoría de los casos, procede de la electricidad. Ello supone un ligero aumento de las emisiones de CO₂, que es función del tipo de fuente de energía utilizada para la generación de la electricidad consumida por las bombas. Si dicha electricidad proviene de fuentes renovables, como la energía geotérmica, la hidroeléctrica o la eólica, la reducción de las emisiones es evidente, pero incluso cuando la electricidad que alimenta las bombas se obtiene en centrales térmicas de combustibles fósiles, la reducción total de emisiones es muy importante.

Según lo indicado, en el cálculo de las emisiones asociadas al aprovechamiento de recursos geotérmicos de baja temperatura mediante el empleo de bombas de calor, habrá que considerar, además de las derivadas del consumo eléctrico del dispositivo de bombeo del fluido termoportador –o, si es el caso, de las bombas de extracción e inyección del agua geotérmica– y del de las bombas de distribución del agua a los puntos finales de demanda, las asociadas al consumo eléctrico de la propia bomba. El procedimiento a seguir coincide con el indicado para los recursos de yacimientos profundos, aplicando el factor de emisión según el *mix* de generación eléctrica en España publicado para 2009 por *Red Eléctrica* (REE).

En resumen, cualquiera que sea el tipo de aprovechamiento de energía geotérmica, acometido, su aplicación supone un importante ahorro e las emisiones de gases de efecto invernadero, con la consiguiente mejora en la contribución a la lucha contra el cambio climático.

3. CONSUMO DE AGUA. MEJORA BALANCE HIDRICO.

Los proyectos geotérmicos, en general, requieren acceso a recursos de agua en diferentes fases de su desarrollo y operación. El uso del agua puede ser gestionado de manera que minimice su impacto ambiental.

La perforación de sondeos, la estimulación de los almacenes y el mantenimiento de presiones puede requiere cantidades de agua siempre limitada. Quizás en este aspecto los proyectos de EGS son los más demandantes de agua, pero su poco desarrollo actual no permite tener estadísticas en este sentido.

Los antiguos efectos de depresión del nivel piezométrico debido a explotaciones geotérmicas, ya no son actualmente un problema porque todos los proyectos geotérmicos conllevan la reinyección de fluidos en el almacén con el consiguiente mantenimiento de presiones.

En la figura 3 se presenta una comparación entre las necesidades de agua en una planta geotérmica y un ciclo combinado de gas natural en California (EEUU).

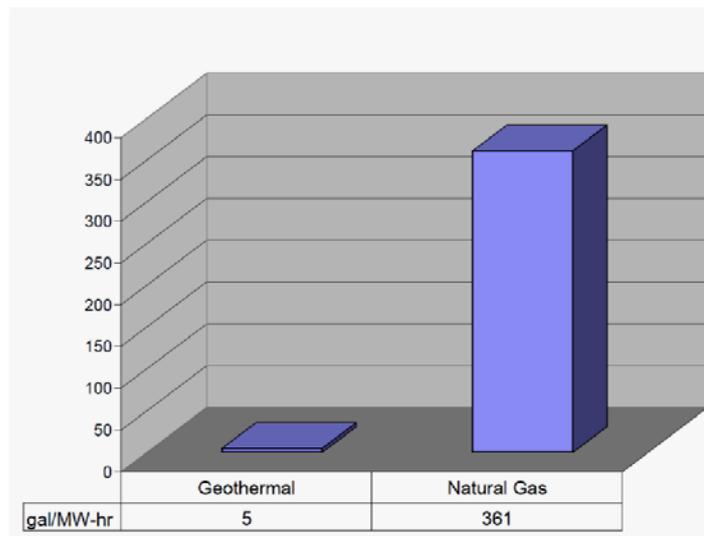


Figura 3. Comparación del consumo de agua entre planta geotérmica y ciclo combinado de gas

Fuente: Allyssen Kagel et al.: Guide to Geothermal Energy and the Environment. Geothermal Energy Association. www.geo.energy.org.

Como ya se ha comentado este menor consumo de agua en plantas geotérmicas supone una mejora en el balance hídrico de la zona de implantación de la central al quedar liberadas cantidades importantes de agua.

4. EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES. MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE.

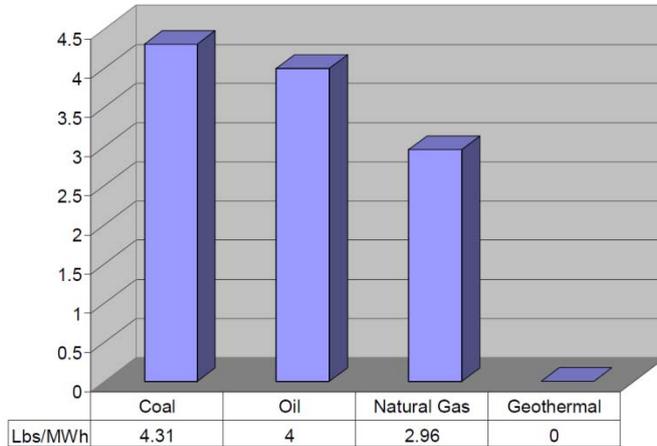
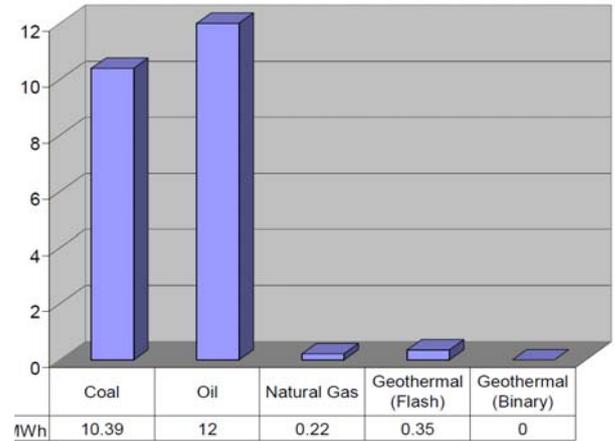
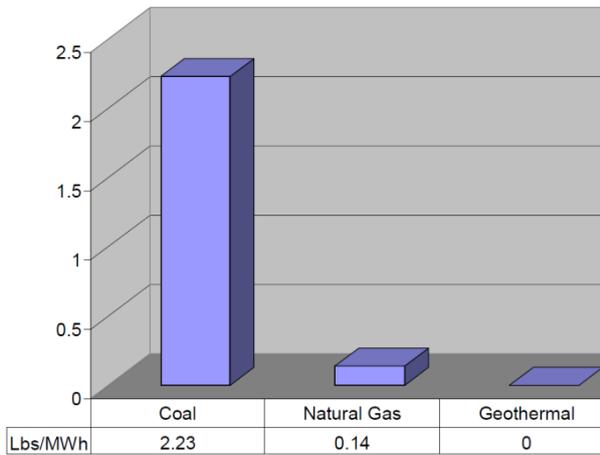
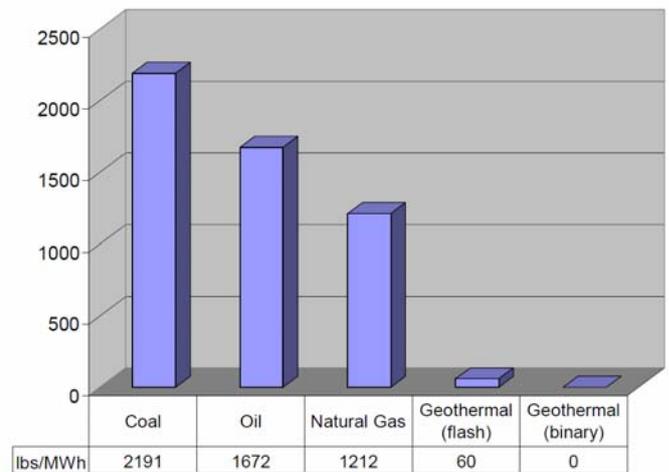
La obtención de energía eléctrica o térmica a partir de combustibles fósiles como los hidrocarburos o el carbón, lleva consigo la combustión de los mismos. Esta combustión produce, como es conocido, una importante cantidad de gases y partículas con un gran potencial contaminante. Básicamente estas sustancias son: NO_x, SO₂, CO₂ y partículas sólidas.

Por el contrario la obtención de energía a partir de los recursos geotérmicos así como las otras energías de fuentes renovables, no exigen la combustión de sustancias como los hidrocarburos y el carbón, con lo cual su potencial emisión de gases contaminantes y partículas es prácticamente nula. Ello supone por lo tanto, que la sustitución de los combustibles fósiles por energías geotérmicas en los procesos de obtención de electricidad o calor da lugar a un importante mejora medioambiental plasmada en la calidad atmosférica de la zona de implantación.

A título comparativo en la figura 4 se presenta los cuadros diagrama de producción de NO_x, SO₂, CO₂ y partículas sólidas de diferentes sistemas de producción energética incluidos la energía geotérmica.

Para el NO_x, uno de los principales causantes de la lluvia ácida, contaminación atmosférica, contaminación de las aguas, etc., la producción de energía a partir de recursos geotérmicos tiene una emisión prácticamente cero. Sin embargo las cantidades emitidas por plantas convencionales se elevan a cantidades del orden de 3-4,5 lb/MW.h, lo que para la producción habitual de las plantas eléctricas supone un importante aporte de contaminantes a la atmósfera.

Para otros contaminantes como el dióxido de azufre, SO₂, causantes de importantes efectos en los procesos asmáticos, o como las partículas sólidas causantes de efectos sobre el aparato respiratorio y otras enfermedades, dependientes de la composición de dichas partículas, tipo cardiovascular, cáncer, etc., o como finalmente el CO₂ que es el principal causante del efecto invernadero, también la comparación en los diagramas de la figura 4 es definitoria de las ventajas medioambientales que supone en este aspecto –calidad del aire– la sustitución de combustibles fósiles por energía geotérmica.


Emisiones NO_x

Emisiones SO₂

Emisión Partículas Sólidas

Emisiones CO₂
Figura 4. Comparación de las emisiones gaseosas entre Plantas Geotérmicas y Plantas de Combustible fósil

Fuente: Allyssen Kagel et al.: Guide to Geothermal Energy and the Environment. Geothermal Energy Association. www.geo.energy.org.

5. NECESIDADES Y USO DEL SUELO

También en este aspecto, el aprovechamiento de los recursos geotérmicos supone un importante avance y beneficio medioambiental respecto a otras fuentes de energía convencional.

Usando los datos de la publicación: The future of Geothermal Energy. Impact of EGS on the United States in 21st century. Massachusetts Institute of Technology en referencia a diferentes plantas geotérmicas se ha elaborado la tabla 2 de necesidades de terreno por potencias instaladas y por energía producida, para plantas de tamaño concreto.

A modo de ejemplo en la figura 5 se presentan fotografías acerca de las dimensiones de 2 plantas geotérmicas de diferentes tipos, en California (EEUU).

Tecnología, dimensiones de planta	Necesidades del terreno	
	m ² /MW	m ² /GW.h
Planta Geotérmica Flash 110 MW	1.260	160
Planta Geotérmica Binaria 20 MW	1.415	170
Planta Geotérmica FC-RC 50 MW	2.290	290
Planta Geotérmica Flash 56 MW (incluidos pozos y tuberías)	7.460	900
Planta de Carbón 2.258 MW	40.000	5.700
Planta Nuclear 670 MW	10.000	1.200
Planta Solar Térmica 47 MW	28.000	3.200
Planta Solar Fotovoltaica 10 MW	66.000	7.500

Tabla 2. Requerimiento de terreno en diferentes Plantas

Fuente: Massachusetts Institute of Technology: The future of Geothermal Energy

6. OTROS BENEFICIOS GENERALES

Como ya se ha comentado, otros beneficios generales aportados por el aprovechamiento de la energía geotérmica son los siguientes:

- Sustitución de la importación de combustibles fósiles con la consiguiente mejora de la balanza comercial.
- Descentralización de la producción energética con el consiguiente desarrollo comarcal, local y rural de áreas deprimidas.
- Desarrollo de la industria nacional en varios sectores como la perforación de sondeos, la industria electromecánica y el sector de la climatización, incluido la bomba de calor.



Figure 8.4 Aerial view of the SIGC binary plant near Heber, Calif. (Google Earth, 2006).



Figure 8.5 Aerial view of the Heber Double-Flash plant, Calif. (Google Earth, 2006).

Figura 5. Fotografías aéreas de plantas geotérmicas. Requerimiento de terrenos.