

La protección ambiental en el campo geotérmico de Los Azufres, Mich.

Ernesto Mendoza-Rangel y Cuauhtémoc Hernández-Ayala
CFE, Alejandro Volta 655, Col. Electricistas, Morelia, 58290, Mich.

Resumen

El desarrollo geotermoeléctrico es una actividad sustentable desde el punto de vista ambiental, como lo prueba el manejo del campo geotérmico de Los Azufres. Los impactos al suelo y a la vegetación pueden prevenirse y mitigarse con las medidas adecuadas. Los desechos líquidos pueden regresarse al yacimiento sin contaminar cuerpos de agua superficiales o acuíferos someros, y las emisiones a la atmósfera pueden controlarse para mantenerlas dentro de límites permisibles. Se presentan las principales experiencias técnicas de tipo ambiental obtenidas por la CFE en ese campo.

Palabras Clave: México, Los Azufres, impacto ambiental, desarrollo sustentable.

Environmental protection at the Los Azufres, Mich., geothermal field

Abstract

Geothermal-electric development is a sustainable activity from an environmental viewpoint, as is proved by the operation and management of the Los Azufres geothermal field. Impacts to soil and vegetation can be prevented and adequately mitigated. Liquid residues can be returned to the reservoir avoiding contaminating surface and ground waters and aquifers; and atmospheric emissions can be kept below allowable limits. The main environmental technical experiences of CFE in this field are presented in this paper.

Keywords: Mexico, Los Azufres, environmental impacts, sustainable development.

1. Introducción

En México el campo geotérmico de Los Azufres, Mich., es el segundo más importante en capacidad de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de este recurso natural proveniente del subsuelo.

Considerando la especial importancia que reviste el aspecto ambiental y apegándose a la legislación vigente en la materia, durante todo el desarrollo del proyecto geotérmico se han tomado en cuenta los elementos del medio físico que permitan asegurar un equilibrio ecológico dentro del campo. Y para lograrlo ha sido necesario aplicar acciones y medidas compensatorias, las cuales se fundamentan en prevenir, rehabilitar y mitigar los efectos causados por las actividades de la construcción de los caminos de acceso, de las plataformas para perforar los pozos y de las centrales de generación.

El objetivo de este trabajo es presentar un panorama de los principales aspectos ambientales del campo, y de las medidas de prevención y mitigación que la Comisión Federal de Electricidad (CFE), a través de su

Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, ha considerado necesario tomar a lo largo del tiempo, y particularmente a raíz de la construcción del proyecto Los Azufres II, de 100 megawatts (MW).

2. Localización, medio físico y estado actual de Los Azufres

El campo geotérmico Los Azufres, con una extensión de 81 km², se localiza en la sierra de San Andrés, dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Mexicano a 80 km al oriente de la ciudad de Morelia (Fig. 1).



Fig. 1. Localización de Los Azufres.

Se ubica a una elevación de 2800 msnm, en una zona de protección forestal compuesta por un bosque de coníferas, manantiales termales y pequeñas lagunas que lo hacen un sitio de gran atractivo turístico. Tiene un clima templado subhúmedo con temperaturas promedio anual mínima y máxima de 12 y 18°C, respectivamente, y una precipitación promedio anual de 1200 mm. Los suelos constitutivos del lugar son ácidos de origen coluvio-aluvial derivados de cenizas volcánicas. La fauna existente es característica de los bosques de coníferas del sistema volcánico transversal, destacando por su diversidad los grupos de aves y reptiles. Ninguna de las especies de fauna y flora reportadas para el lugar se encuentran bajo algún régimen de protección especial (CFE, 1998).

El aprovechamiento del recurso geotérmico para generar energía eléctrica, se inició en agosto de 1982 con la entrada en operación comercial de cinco unidades a contrapresión de 5 MW cada una. Actualmente, la capacidad instalada es de 188 MW, integrados por una unidad a

condensación de 50 MW, 4 unidades también a condensación de 25 MW cada una, 7 unidades a contrapresión de 5 MW cada una y dos unidades de ciclo binario de 1.5 MW cada una (Gutiérrez-Negrín y Quijano-León, 2003).

A la fecha se han perforado más de 80 pozos a profundidades que oscilan entre 600 y 3500 m. Alrededor de 30 de esos pozos se encuentran en producción continua, y tres de ellos en inyección para deshacerse con seguridad del agua separada. Con esa infraestructura de pozos, se tiene una disponibilidad de vapor en superficie de más de 1600 toneladas por hora (t/h), el cual viene acompañado de 1300 t/h de agua separada (salmuera), una fracción (280 t/h) de la cual alimenta a las unidades de ciclo binario. Para el manejo del agua separada se dispone de una capacidad de inyección de 1500 t/h a través de los pozos inyectoros (Residencia de Producción Los Azufres, 2004).

3. Impactos ambientales sobre el suelo y la vegetación

El cambio de uso de suelo de terreno forestal a infraestructura eléctrica constituye el principal impacto sobre el suelo. Para minimizarlo se han adoptado diversas medidas de carácter preventivo y correctivo, como son: la selección de sitios con menor densidad arbórea y que impliquen el menor movimiento de tierras, la reducción del ancho de corona de caminos de acceso y de la superficie de las plataformas de perforación y presas de lodos, y la construcción de obras de drenaje.

Por ejemplo en los sitios seleccionados para instalar las unidades de 25 MW del Proyecto Los Azufres II en los sectores Tejamaniles y Marítaro, se buscaron sitios con escasa vegetación y que implicaran un movimiento mínimo de tierras (Fig. 2). El área que ocupó cada una de las centrales que integran ese proyecto fue de 0.7 hectáreas (ha).

Se ha realizado también un extenso programa de reforestación y restauración en áreas desmontadas o clareadas como producto del aprovechamiento del recurso geotérmico, pero también como producto de la tala clandestina e irracional del recurso maderable. El programa de reforestación se ha venido realizando desde 1981, habiéndose plantando hasta el año 2000 un total de 788,954 árboles en una superficie total de 154 ha. El porcentaje promedio de sobrevivencia es del 58%, contabilizándose hasta 1998 un total de 460,838 plantas vivas (Oficina de Ecología Los Azufres, 2003) (Fig. 3).

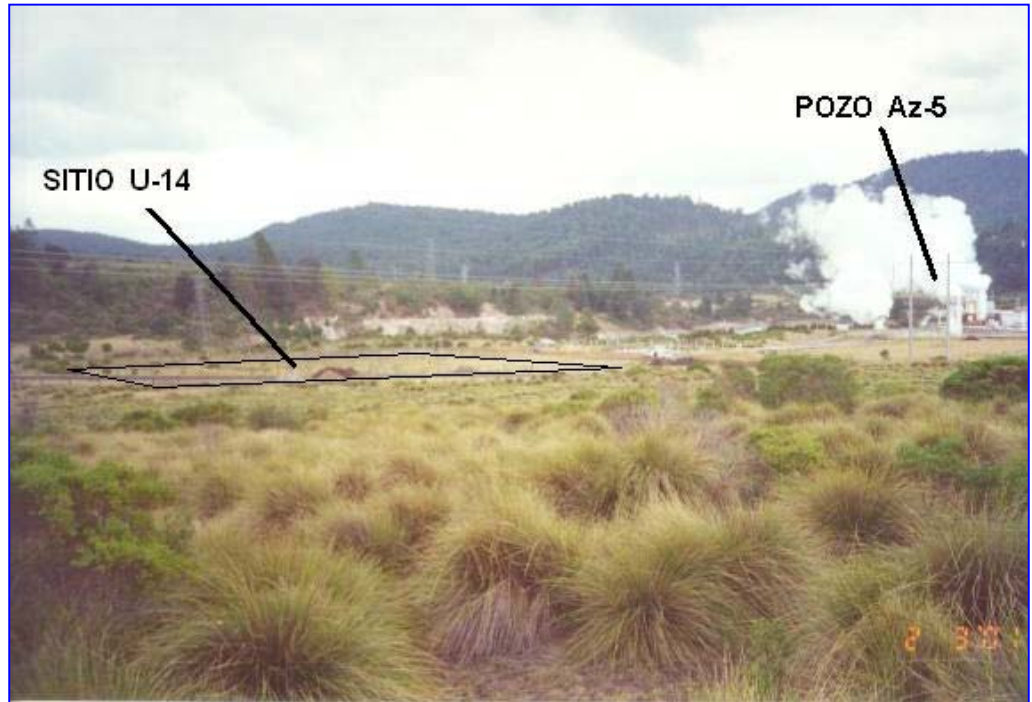


Fig. 2. Ubicación de la Unidad 14 (Proyecto Los Azufres II).

4. Manejo de suelos en el proyecto Los Azufres II

Durante el proceso de construcción de centrales geotermoeléctricas debe despalmarse una capa de suelo fértil hasta encontrar la parte firme y sólida del suelo para la cimentación de la casa de máquinas y los equipos superficiales. Los estudios de mecánica de suelos en el sitio propuesto predicen con cierta aproximación los volúmenes de suelo que habrán de extraerse del sitio.

Esta actividad amerita la elaboración de un plan de manejo para la disposición del suelo producto de la excavación. Para el proyecto de Los Azufres II, en el cual hubo significativos volúmenes de suelo a remover en algunas plataformas, el plan de manejo y disposición se compuso de tres etapas (CFE, 2001).

La primera etapa fue identificar los sitios con problemas de erosión en el campo, lo cual se hizo mediante recorridos de campo, en los cuales participó personal de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE, de la SEMARNAT (Unidad de Restauración y Conservación de Suelos) y de la empresa contratista a

cargo del proyecto (Alstom). Así se ubicaron los sitios más problemáticos en cuya rehabilitación podría utilizarse el suelo a despallar.

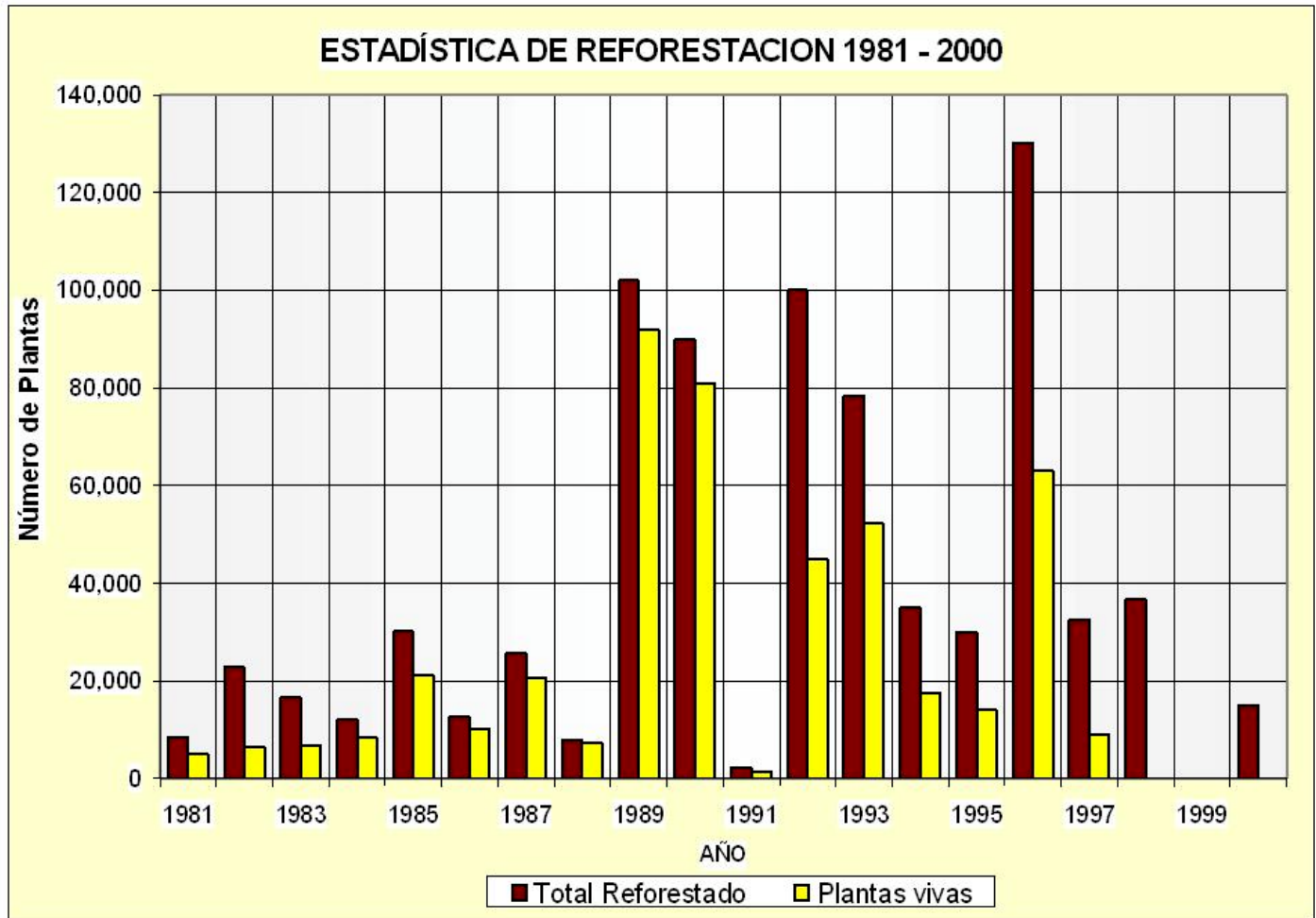


Figura 3. Estadística de reforestación 1981 - 2000

La segunda etapa consistió en la extracción y almacenamiento del suelo fértil. El material fue extraído en su totalidad de los sitios donde se levantarían las cuatro unidades, separándolo de acuerdo a sus características (suelo superficial o fértil, material de relleno y material de relleno de caolín). Del material extraído, se decidió que una parte importante (alrededor del 30%) presentaba condiciones aceptables para utilizarse como capa orgánica en las actividades de rehabilitación. El resto, se destinó para ser utilizado como material de relleno en los sitios identificados en los recorridos de la primera etapa.

La última etapa fue el acondicionamiento de los sitios escogidos. Estos fueron cuatro:

- 1) La presa de lodos del pozo Az-14
- 2) La presa de lodos del pozo Az-17 y su periferia
- 3) Dos cárcavas ubicadas en un banco de caolín
- 4) Una cárcava localizada a un lado de la Unidad 16 del Proyecto Los Azufres II.

Esos lugares están desprovistos de vegetación, y los sitios 3 y 4 presentan fuertes problemas de erosión. Como ejemplo, en la Figura 4 se presenta una fotografía de una cárcava localizada en el sitio 3, la cual se formó por la extracción de caolín y con el paso del tiempo se fue erosionando. En todos los sitios se colocó una capa de 30 a 40 centímetros de suelo fértil en la parte superior, la cual fue posteriormente nivelada a fin

de tener una superficie suficientemente plana para las plantaciones, y se construyeron los drenes o escurrimientos necesarios para proteger los taludes de cada banco. Posteriormente se colocó, o en su caso se rehabilitó, el cercado de cada sitio a fin de proteger a las plantas del ganado local, y por último se plantaron especies nativas de la zona como árboles de pino y aile (CFE, 2002).



Fig. 4. Estado inicial de una de las cárcavas ubicada en un banco de caolín, en el sitio 3.

5. Manejo de las aguas residuales

Todas las aguas residuales, constituidas por la salmuera geotérmica, los excedentes de la torre de enfriamiento de la Unidad 7 de 50 MW y los drenes de las unidades de 5 MW, se regresan al yacimiento mediante pozos inyectoros, con el doble propósito de recargarlo y de evitar daños al medio ambiente, ya que las salmueras contienen sales disueltas en concentraciones que podrían ocasionar problemas de salinidad y toxicidad en los suelos y/o cuerpos de agua si se descargaran superficialmente.

El proceso de inyección incluye los pasos siguientes. La salmuera geotérmica que se separa del vapor en los separadores ciclónicos tipo Webre se descarga sucesivamente en silenciadores y en estanques de enfriamiento y estabilización como el que se presenta en la Figura 5. Estos estanques están completamente impermeabilizados, a fin de evitar la menor infiltración al subsuelo, y en ellos se logra bajar la temperatura de la salmuera de 93 a 73°C y se consigue polimerizar la sílice disuelta. Con menor temperatura y contenido de sílice, las salmueras se conducen mediante tuberías de polietileno de alta densidad a los a los pozos inyectoros.



Fig. 5. Estanque de enfriamiento de aguas residuales antes de su inyección.

Para asegurarse de que inyección de la salmuera realmente evita la contaminación a cuerpos de agua someros, desde el año 1982 la CFE inició un programa permanente de monitoreo regional de manantiales naturales, que incluye 64 puntos de muestreo dentro y en la periferia del campo geotérmico. Los resultados obtenidos hasta ahora sólo reflejan el efecto de dilución en algunos manantiales durante las temporadas de lluvia y no evidencian influencia alguna de las aguas geotérmicas inyectadas.

Asimismo, para evitar daños por derrames accidentales de salmuera en los pozos de inyección, estos cuentan con un sistema de alarmas por alto y bajo nivel (Residencia Los Azufres, 1999). Es decir, en el caso de que el volumen de salmuera decrezca o aumente más allá de ciertos límites, la alarma se dispara y envía por telemetría una señal a un cuarto de control, lo que permite tomar oportunamente las medidas pertinentes. Un volumen excesivamente bajo de salmuera en el pozo inyector podría indicar una fuga en alguna de las tuberías, mientras que uno muy alto podría significar algún problema en el propio pozo.



Fig. 6. Caja rompedora de presión con dispositivo que relaciona el tirante de agua con el flujo

En todas las plataformas de los pozos se han construido dispositivos primarios de flujo, que son vertedores y canalones, para obtener respuestas hidráulicas previsibles relacionadas con el flujo del agua residual que corre por los mismos (Fig. 6). Estos dispositivos relacionan el tirante de agua con el flujo, el medidor venturi relaciona la presión diferencial con el flujo y el medidor electromagnético relaciona el voltaje eléctrico inducido con el flujo. En la mayoría de los casos los dispositivos primarios de flujo estándar han pasado

por pruebas y experimentos detallados que confirman su exactitud.

6. Emisiones atmosféricas y ruido

Como se sabe, el vapor separado va acompañado de una cierta cantidad de gases que no suelen condensarse. En Los Azufres, estos gases incondensables equivalen a un 3.2% en peso en promedio del total del vapor. Este porcentaje está constituido por un 3.15% en peso de CO_2 , un 0.03% en peso de H_2S y por cantidades menores de otros gases como el metano, argón e hidrógeno (CFE, 1998).

De acuerdo con esas cifras, y si se considera que durante el año de 2002 hubo una producción promedio de vapor separado de 709 t/h (Gutiérrez-Negrín y Quijano-León, 2003), se obtiene que durante ese año se descargó a la atmósfera un promedio de 22.33 t/h de CO_2 y de 0.22 t/h de H_2S , que representaron factores de emisión de 253.7 y de 2.5 kg/h por MW instalado de CO_2 y de H_2S , respectivamente.

A partir de 2003, con la entrada en operación del proyecto de Los Azufres II, lo que implica 100 MW adicionales, la producción de vapor se ha incrementado y, por lo tanto, también las emisiones de gases a la

atmósfera. Sin embargo, los factores de emisión siguen siendo similares. Por ejemplo, para el mes de febrero de 2004, la producción de vapor separado del campo resultó ser de 1570 t/h en promedio (Residencia de Producción Los Azufres, 2004), lo que implica una emisión de 49.45 t/h de CO₂ y de 0.49 t/h de H₂S, pero el factor de emisión resulta ser de 263.1 kg/h por MW para el primero y de 2.6 kg/h por MW para el segundo.

Cabe advertir que en México no existe una norma oficial que establezca límites máximos de emisión de H₂S a la atmósfera. Sin embargo, pueden tomarse como referencia los valores establecidos por el Departamento de Salud de Nueva Zelanda para campos geotérmicos, que permiten como límite máximo concentraciones de 0.05 y 0.005 ppm como promedios horario y diario, respectivamente.

En Los Azufres, desde 1994 la CFE opera cotidianamente seis estaciones de medición continua para monitorear la concentración de H₂S en la atmósfera. Los resultados de esta medición indican que las condiciones climatológicas del campo propician la adecuada dispersión del H₂S en la atmósfera, ya que las concentraciones de este gas en la atmósfera están dentro del límite máximo de 0.05 ppm por hora. En un año típico, sólo los valores obtenidos en cinco de las 8760 horas del año rebasan ese límite, lo que indica que en el 99.94% del tiempo la concentración de H₂S está por debajo del límite permisible en los campos geotérmicos de Nueva Zelanda (CFE, 1996). Se estima que esta situación prevalecerá con la entrada en operación de Los Azufres II, ya que se aprovechará el tiro inducido de los ventiladores de las torres de enfriamiento para descargar los gases y dispersarlos aún más eficientemente en la atmósfera.

Por último, la emisión de ruido, que generalmente se asociaba como factor de disturbio ambiental en proyectos geotermoeléctricos, actualmente no representa ningún problema en Los Azufres, ya que los equipos que se emplean reducen el ruido hasta ubicarlo por debajo de los niveles permisibles por la normativa vigente en la materia (CFE, 1996).

7. Conclusión

La principal conclusión que puede extraerse es que el aprovechamiento del recurso geotérmico para la generación de energía eléctrica es compatible con la conservación y el cuidado del medio ambiente. Así lo demuestran los resultados de los programas de monitoreo continuo de la calidad del agua, aire y suelo en Los Azufres, lo mismo que las conclusiones de diversos estudios con bioindicadores tales como líquenes y aves, y bioensayos con especies forestales.

Referencias

- CFE, 1996. Informe de Avance Correspondiente al Segundo Semestre de los Programas Establecidos en los Términos de la Resolución No. 1197, Emitida para el Proyecto Geotermoeléctrico Marítaro, Mich. CFE, informe interno para la SEMARNAP. Inédito.
- CFE, 1998. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General para la Instalación de Cuatro Unidades de 25 MW de Capacidad cada una en el Campo Geotérmico de Los Azufres, Mich., Proyecto Los Azufres II. CFE, informe interno. Inédito.
- CFE, 2001. Estudios Técnicos Justificativos (Cuatro Etapas) para el Cambio de Utilización de Terrenos Forestales a Infraestructura Eléctrica Correspondiente al Proyecto Los Azufres II (4 x 25 MW).
- CFE, 2002. Informe de Avance de Cumplimiento de Condicionantes para el Campo Geotérmico Los Azufres. CFE, informe interno para SEMARNAT. Inédito.

- Gutiérrez-Negrín, L.C.A. and J.L. Quijano-León, 2003. Geothermal development in Mexico in 2002. *Geothermal Resources Council Transactions*, Vol. 27, pp. 53-57.
- Oficina de Ecología Los Azufres, 2003. Programa de Reforestación del Campo Geotérmico de los Azufres. CFE, informe interno. Inédito.
- Residencia de Producción Los Azufres, 2004. Reporte Diario de Producción de Pozos Geotérmicos. CFE, informe interno. Inédito.
- Residencia Los Azufres, 1999. Sistemas de Medición y Control de Flujos por la Red de Telemetría en el Campo Geotérmico Los Azufres. CFE, informe interno. Inédito.