

NOTICE CONCERNING COPYRIGHT RESTRICTIONS

This document may contain copyrighted materials. These materials have been made available for use in research, teaching, and private study, but may not be used for any commercial purpose. Users may not otherwise copy, reproduce, retransmit, distribute, publish, commercially exploit or otherwise transfer any material.

The copyright law of the United States (Title 17, United States Code) governs the making of photocopies or other reproductions of copyrighted material.

Under certain conditions specified in the law, libraries and archives are authorized to furnish a photocopy or other reproduction. One of these specific conditions is that the photocopy or reproduction is not to be "used for any purpose other than private study, scholarship, or research." If a user makes a request for, or later uses, a photocopy or reproduction for purposes in excess of "fair use," that user may be liable for copyright infringement.

This institution reserves the right to refuse to accept a copying order if, in its judgment, fulfillment of the order would involve violation of copyright law.

SENSORES REMOTOS

Ing. Héctor Lira Herrera
Depto. Exploración, C.F.E.

La región estudiada cubre una superficie de 1,125 Km², se localiza al noreste del Estado de Michoacán y sureste del Estado de Guanajuato, entre las coordenadas geográficas 19°34' y 19°50' de latitud norte y 100°31' y 100°50' de longitud oeste. Esta situada en la parte central de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y localmente se caracteriza por la presencia de valles con orientación E-W, como son los de Morelia-Queréndaro, Ciudad Hidalgo, Ucareo-Jeráhuaro y los valles intermontanos del área de Los Azufres, así como las planicies que circundan el Lago de Cuitzeo.

INTRODUCCION

La C.F.E. desde el año de 1981, realiza un programa de estudio e investigación para estimar el potencial aprovechable del campo geotérmico de Los Azufres, Mich. Para ello, ha sido necesario elaborar el modelo geológico del campo y un estudio geológico regional para conocer las características vulcanológicas y estructurales, de las rocas que conforman el basamento de dicha área. Los estudios de geología estructural, han consistido de: interpretación de fotografías aéreas a diferentes escalas, imágenes de satélite LANDSAT y levantamiento de campo. Hasta el presente, se han reconocido los elementos morfoestructurales mayores; el Graben de Ciudad Hidalgo (NW-SE) y el Graben de Cuitzeo-Maravatío (E-W), este último, limitado por el sistema activo de Acambay, al este de Maravatío, con componentes de tipo lateral izquierdo (Astis, 1979 y 1987; Pasquaré, 1989 y Garduño, 1986). Desde el punto de vista estructural, en el campo se han encontrado tres sistemas preferenciales; un NNW-SSE y NW-SE que corresponde al sistema de Cuencas y Sierras; otro NE-SW que afecta a las rocas del Pliocuaternario y finalmente el E-W o ENE-WSW asociado al Cinturón Volcánico Mexicano (Garduño, 1986). Localmente, las fracturas favorecen en el subsuelo el movimiento de los fluidos geotérmicos y confinan al sistema delimitando el campo. Estos últimos son: al norte la Falla Los Coyotes; al este las fallas Laguna Verde y La Presa y al sur la Falla El Chinapo. Aunque no se ha encontrado ninguna limitante estructural hacia el oeste, se considera que las rocas terciarias se profundizan hacia esta porción y en consecuencia el posible yacimiento geotérmico.

ESTUDIO DE PERCEPCION REMOTA

La utilidad de la percepción remota en las primeras etapas de un estudio geológico de prospección geotérmica, ha sido de gran utilidad en lo que a la fotointerpretación se refiere. Interesados en el máximo aprovechamiento de este tipo de información, el presente trabajo se basa en la interpretación de una imagen de satélite procesada digitalmente.

La medición de la dirección y longitud de 159 lineamientos estructurales identificados en la imagen LANDSAT, permitió reconocer tres sistemas predominantes: E-W, NE-SW y N-S.

La mayor concentración y longitud acumulada de lineamientos, se localiza en la dirección NE-SW que corta o intersecta a los demás sistemas, en la mayoría de los casos este sistema se presenta en echelón y corresponde generalmente con fallas de tipo normal, en los cuales se localizan los principales pozos productores del campo geotérmico.

En esta dirección se aprecian dos agrupaciones importantes de lineamientos (NE40°-50°SW y NE50°-60°SW), la primera presenta una mayor frecuencia y longitud acumulada que la segunda; sin embargo, en el promedio de longitud vs frecuencia, la segunda es mayor que la primera. En la imagen se observa que lineamientos con dirección NE50°-60°SW se concentran hacia el centro del campo, formando un corredor que lo divide en dos zonas; dentro de este corredor se observa la ausencia casi total de lineamientos en otras direcciones, y en el no se han obtenido pozos productores.

Los lineamientos de dirección N-S se presentan como el tercer sistema estructural predominante, afecta principalmente la porción norte del campo donde afloran las rocas más antiguas del área.

Estadísticamente existen tres direcciones predominantes NE80°-90°SW, NE40°-50°SW y NE50°-60°SW.

La longitud promedio por lineamiento indica que de estos tres sistemas, el primero y el último son similares y que contienen a las estructuras más grandes.

Además de los sistemas antes citados existe uno de dirección NW20°-40°SE, que estadísticamente no es representativo, pero la longitud promedio por lineamiento es la mayor de todos los sistemas encontrados. En este sistema, en la parte norte del campo, se han localizado pozos productores.

Los tres sistemas estructurales principales (E-W, NE-SW y N-S), identificados en la imagen, concuerda con los eventos tectónicos reconocidos para la región, siendo más importante y reciente el E-W, en segundo lugar se encuentra el NE-SW y por último el N-S que es el más antiguo.

CONCLUSIONES

El procesamiento digital de la imagen obtenida por el TM del LANDSAT 5, permitió obtener una serie de imágenes filtradas y en color que realzan los rasgos lineares en dirección ESTE-OESTE, NOROESTE-SUROESTE y NORTE-SUR, la interpretación de estas imágenes permitió obtener como resultado final una imagen impresa con los lineamientos estructurales fotointerpretados, que sirvió para el análisis de los sistemas estructurales que se localizan dentro del campo geotérmico.

El análisis de la frecuencia y longitud acumulada de los lineamientos, indica que existen tres sistemas tectónicos principales, NE80°-90°, NE40°-60°SW y N-S.

El análisis estadístico de la longitud promedio de los lineamientos, indica que la dirección NE50°-60°SW es la de mayor importancia dentro del sistema NE-SW y corresponde a lineamientos que se localizan hacia el centro del campo y que lo dividen en dos zonas, norte y sur.

Del análisis multiespectral de la imagen se obtuvieron tres compositos en color, amarillo relacionado con la presencia de OH⁻ en los suelos, magenta con HOH y el Fe³⁺ se presenta de color cyan. Estos datos que no fueron verificados en el campo podrían ser de gran importancia en estudios de geobotánica.

La utilización de imágenes en color para reconocer áreas con alteración hidrotermal, solo tuvo resultados positivos en áreas donde no existe cobertura vegetal, siendo necesario efectuar la medición in situ de la reflectancia, tanto de las zonas de alteración como de la vegetación para que esta información sea utilizada durante el procesamiento digital para la obtención de una clasificación automática de las zonas de alteración.

Los resultados obtenidos en el análisis estructural a partir de imágenes procesadas digitalmente permite recomendar su utilización, en el estudio de otras zonas de interés geotérmico.

LOS AZUFRES

