

Reconocimiento estructural y volcanológico en la zona termal del Domo San Pedro Lagunillas, Nayarit, México

D. Castillo H.* y V. De la Cruz M.**

*Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Depto. de Exploración, Comisión Federal de Electricidad, Morelia, Mich., México.

**Secretaría de Fomento Agropecuario, Gobierno del Edo. de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamps., México.

Recibido: diciembre, 1989; aceptado: enero, 1992.

RESUMEN

La actividad volcánica que ha tenido lugar en la parte sur del Estado de Nayarit ha sido intensa durante el Plioceno y Cuaternario. Hay actividad volcánica en la actualidad. Los sismos que afectaron a los poblados de San Pedro Lagunillas y Las Guásimas los días 4 y 16 de septiembre de 1987 estuvieron asociados, al parecer, con movimientos de magma justo bajo el domo riolítico Los Ocotes, ubicado entre ambos poblados y que a la vez constituye el aparato volcánico más reciente de la zona.

20 km al oeste del Volcán Ceboruco (único aparato con actividad histórica en la región), se encuentra el Domo San Pedro, que es el edificio volcánico ácido más importante de la zona, con 700 m de altura, cuya base de 4 km está ligeramente elongada en sentido NW-SE. Al parecer dicho aparato, de composición dacítica, se desarrolló dentro de una estructura caldérica de edad Plio-Cuaternaria.

Se realizó un estudio geológico de detalle enfocado a determinar el marco estructural y volcanológico, junto con la realización de la cartografía de las unidades y estructuras geológicas, todo lo cual permitió definir su relación e influencia con la presencia del termalismo existente en los alrededores del Domo San Pedro y demás actividad volcánica reciente.

PALABRAS CLAVE: San Pedro Lagunillas, Nay., geotermia, caldera, actividad sísmica, análisis químicos, México.

ABSTRACT

Volcanic activity in southern Nayarit (Mexico) is described. Earthquakes felt at San Pedro Lagunillas and Las Guásimas on 4 and 16 September 1987 may be associated to magma movements beneath the Los Ocotes dome. The San Pedro Dome may have developed within a calderic structure of Plio-Quaternary age. The study area was mapped, and structural and volcanologic relationships of geothermal significance were determined. Relationships with the thermal activity present in the San Pedro Dome area and with other recent volcanism are suggested.

KEY WORDS: San Pedro Lagunillas (Nayarit), thermalism, caldera, seismic activity, chemical analysis, Mexico.

INTRODUCCION

El Domo San Pedro se localiza en la porción sur del Estado de Nayarit, en el sector más occidental del Eje Neovolcánico y más particularmente en el graben Tepic-Chapala (Figura 1).

En este sector existen importantes volcanes que han sido objeto de numerosos trabajos. Entre ellos está el Volcán Ceboruco que ha sido estudiado entre otros por: Caravantes (1870), Iglesias *et al.* (1877), Thorpe y Francis (1975), Demant (1979) y Nelson (1980, 1986). Con objetivos geotérmicos por Díaz y De la Cruz (1985), Palma (1985), García (1985), Quijano y Chacón (1985) y Tovar (1985). Sobre el Volcán Sanganguey se conocen los trabajos de Demant (1979) y el de Nelson y Carmichael (1984). El Volcán San Juan ha sido estudiado por Luhr (1978).

Trabajos geológicos y volcanológicos de carácter regional que también involucran la zona estudiada han sido publicados por Gastil *et al.* (1978), Demant (1978), Herrera y Castillo (1980), Cedillo y Lira (1985). La zona del Domo

San Pedro la estudiaron con fines geotérmicos, De la Cruz y Castillo (1986, 1987) y Tovar (1987). Demant (*op. cit.*) hace una breve descripción sobre el volcanismo de esta zona.

La existencia de muchos manantiales termales, motivó el inicio de trabajos de cartografía geológica y análisis químicos de muestras de agua con el propósito de evaluar y jerarquizar su importancia geotérmica.

CONTEXTO ESTRUCTURAL DEL VOLCANISMO RECIENTE

Los rasgos lineales interpretados a partir de imágenes de satélite reflejan dos sistemas estructurales para esta zona y sus alrededores: NW-SE y NE-SW.

Al sistema NW-SE pertenece el graben Tepic-Chapala, que es la estructura tectónica más importante en esta región y se encuentra colmado por rocas volcánicas del Plio Cuaternario y Reciente, cuyos centros de emisión, grandes y

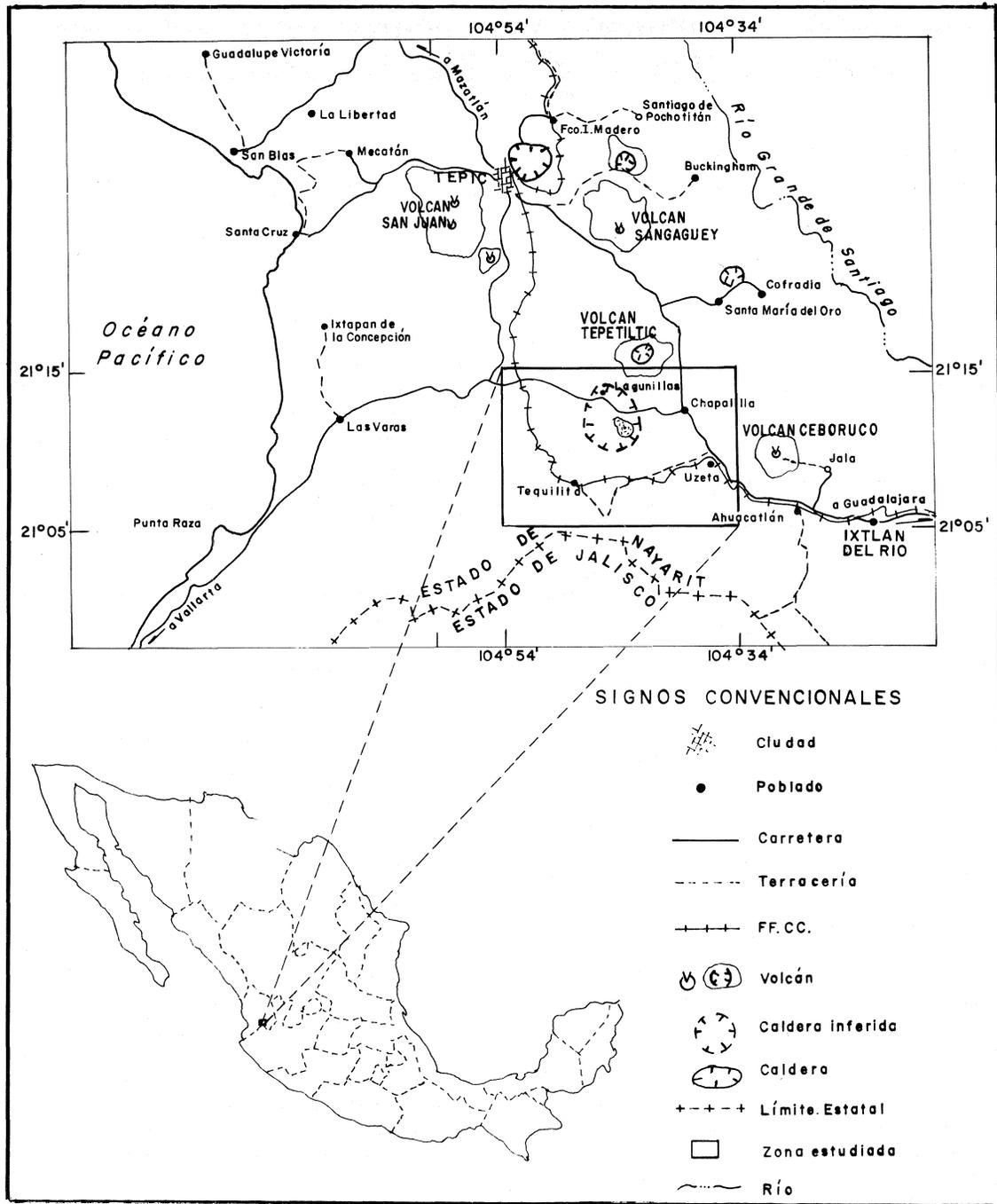


Fig. 1. Localización de la zona estudiada.

pequeños, se caracterizan por presentarse alineados paralelamente en dicha dirección NW-SE, lo cual refleja zonas de debilidad cortical, sugiriendo un efectivo control tectónico en el subsuelo. Ejemplos de estos alineamientos se observan a partir de la Caldera de La Primavera, igualmente en los volcanes de Tequila, Ceboruco, Tepetiltic, Sangagüey, San Juan así como en la zona en estudio.

El fracturamiento NE-SW se refleja principalmente en los alineamientos de cauces de ríos, el cual no es tan conspicuo como el NW-SE, sin embargo, en imágenes de satélite sus rasgos son evidentes y numerosos. Ambos sistemas

se identificaron en la zona estudiada de cuyo análisis se postuló que la intersección de ambos da lugar a una pequeña fosa tectónica rellena por rocas volcánicas recientes sobrepuestas y con importantes características geotérmicas: De la Cruz y Castillo (1986, 1987).

Los autores realizaron en 1987 un estudio estructural en el sector E-SE del Domo San Pedro por considerarse que era la zona más atractiva geotérmicamente, dadas la concentración del termalismo de mayor temperatura y el control estructural limitante. En esta zona se realizaron 30 estaciones estructurales, (Figura 2), 29 de ellas en la zona

estudiada y la restante fuera de ella, en rocas propias de la Sierra Madre Occidental. En total se midieron 405 fracturas y solamente una falla la cual presenta un rumbo NW40°SE con un buzamiento de 66° al SW, que afecta a piroclásticos cuaternarios del Domo San Pedro. La Figura 3 muestra las principales tendencias obtenidas a partir de la medición de fracturas, en la que es evidente que el sistema NW-SE es el dominante; el sistema E-W le sigue en importancia y finalmente el sistema NE-SW. Al parecer el sistema E-W es secundario o bien una componente de los sistemas regionales NW-SE y NE-SW; el hecho de no observarse dicho sistema en las imágenes de satélite parece confirmar lo anterior. En cambio las fracturas medidas en las rocas de la Sierra Madre Occidental, fuera del área, fueron totalmente del sistema NE-SW, con un amplio valor angular.

En general el sistema de fracturas NW-SE es dominante en las rocas del Cuaternario, lo cual se observó en doce estaciones estructurales. En las rocas del Plioceno se observó, además del sistema anterior, el sistema NE-SW. En rocas del Terciario Inferior-Cretácico existen combinaciones de ambos sistemas. En cambio el sistema E-W es dominante en seis estaciones estructurales ubicadas en rocas del Cuaternario y Plioceno (Figuras 2 y 3).

SECUENCIA VOLCANICA

Las rocas más antiguas encontradas en la región corresponden a una interdigitación de rocas volcánicas, intermedias y ácidas, con rocas sedimentarias (areniscas y calizas) intrusadas por plutones y batolitos cuya composición varía de granitos a granodioritas y tonalitas, y una edad que se encuentra comprendida entre el Cretácico Inferior y el Terciario Inferior. Afloran ampliamente en las sierras Zapotán y El Guamúchil ubicadas al oeste, sur y sureste de la zona (Figura 4). A 12 km al W del Domo San Pedro y a 1.5 km al sur del poblado Juan Escutia, Gastil *et al.* (1978), op. cit, reportan una edad de 53.7 Ma para una roca riolítica, mientras que en la Sierra El Guamúchil, entre Ahuacatlán y Amatlán de Cañas, una secuencia más antigua se encuentra metamorfozada por un cuerpo intrusivo ácido cuya edad es de 97.6 Ma. Por su edad y composición estas rocas pueden correlacionarse con el complejo volcánico inferior de la Sierra Madre Occidental, descrito en el Estado de Durango por McDowell y Clabaugh (1979) y así mismo parecen corresponder con la continuación de la Sierra Madre del Sur hacia este sector.

Rocas ácidas e intermedias del Plioceno sobreyacen a las rocas de la Sierra Madre Occidental. Los afloramientos más representativos corresponden a los derrames andesíticos del Volcán Tepetitlic, localizado a escasos 8 km al NNE del Domo San Pedro (Figura 1) y cuyo flanco sur queda comprendido en la porción norte de la zona estudiada. Domos de dacita y riolita de diferente tamaño se observan en la porción central de la zona, los cuales conforman dos grupos, uno al sureste y otro al noroeste del Domo San

Pedro cuyo emplazamiento define un alineamiento en esa dirección. En el segundo grupo, aproximadamente a 4 km al WSW del Domo San Pedro, se encuentra el C. Las Tetillas, el más importante de ellos y que en realidad comprende a tres domos yuxtapuestos en cuya base se observa un derrame de riolita fluidal muy vítrea, para la que Gastil *et al.* (1978) reportan una edad de 2.3 Ma. Dichos domos se encuentran parcialmente cubiertos por rocas volcánicas del Cuaternario y así como por pumicitas de las fases explosivas del Domo San Pedro (Figura 4).

La actividad volcánica más intensa se manifestó durante el Cuaternario en la parte central de la zona, donde el Domo San Pedro es el aparato más representativo. Aquí el volcanismo se inicia con grandes depósitos de material piroclástico que incluyen flujos de ceniza, flujos de ceniza con pómez y flujos de pómez. Los máximos espesores medidos superficialmente se encuentran al este del Domo San Pedro y alcanzan los 60 m, los cuales se conservan debido a que subyacen a un derrame de riolita fluidal con horizontes de obsidiana. En esta misma localidad y más exactamente en el Arroyo El Muerto (o Ixtetes) fue donde se observaron los fragmentos más grandes de pómez, con una longitud de 70 cm, lo cual indica la cercanía del conducto que los emitió, además de que el eje mayor de dichos fragmentos está orientado hacia donde se encuentra el Domo San Pedro. La actividad volcánica continuó con derrames de riolita y posteriormente con el desarrollo propiamente dicho del Domo San Pedro, el cual a semejanza con el Domo Las Tetillas, ya mencionado, está constituido igualmente por tres domos yuxtapuestos, de los cuales los dos primeros se destruyeron parcialmente durante su desarrollo a consecuencia de explosiones peleanas, como se puede deducir de los materiales piroclásticos resultantes entre los que se diferenciaron dos flujos de bloques con ceniza y un flujo de ceniza (Figura 4). Gastil *et al.* (1978) reporta una edad muy reciente de tan sólo 0.16 ± 0.4 Ma para una muestra de la parte norte del domo, la que correspondería a la primera etapa de su formación. Las facies distales de estos flujos piroclásticos se observan en el pueblo de Cuastecomate ubicado 15 km al sur del Domo San Pedro, donde los espesores aflorantes aún alcanzan los 20 y 30 m. La emisión volcánica más reciente dentro de la zona estudiada la constituye el Domo de riolita vítrea Los Ocotes con 200 m de altura, 5 km de largo y 4 km de ancho, ubicado a 4 km al NE del Domo San Pedro, cuyo emplazamiento obtuvo el drenaje natural del pequeño Valle de San Pedro Lagunillas y dio lugar a la Laguna de San Pedro (Figura 4).

Contemporáneamente a la actividad volcánica del Domo San Pedro, en la zona se desarrolló un intenso volcanismo andesítico cuyo aparato principal es el Volcán Cerro Grande, localizado a escasos 2.5 km al SW del San Pedro, cuyos derrames muy fluidos corrieron hacia el sur con una longitud de 12 km. El alineamiento de domos dacíticos ya mencionado, del que forma parte el San Pedro, se desarrolló paralelamente al volcanismo andesítico, quedando sus productos interdigitados.

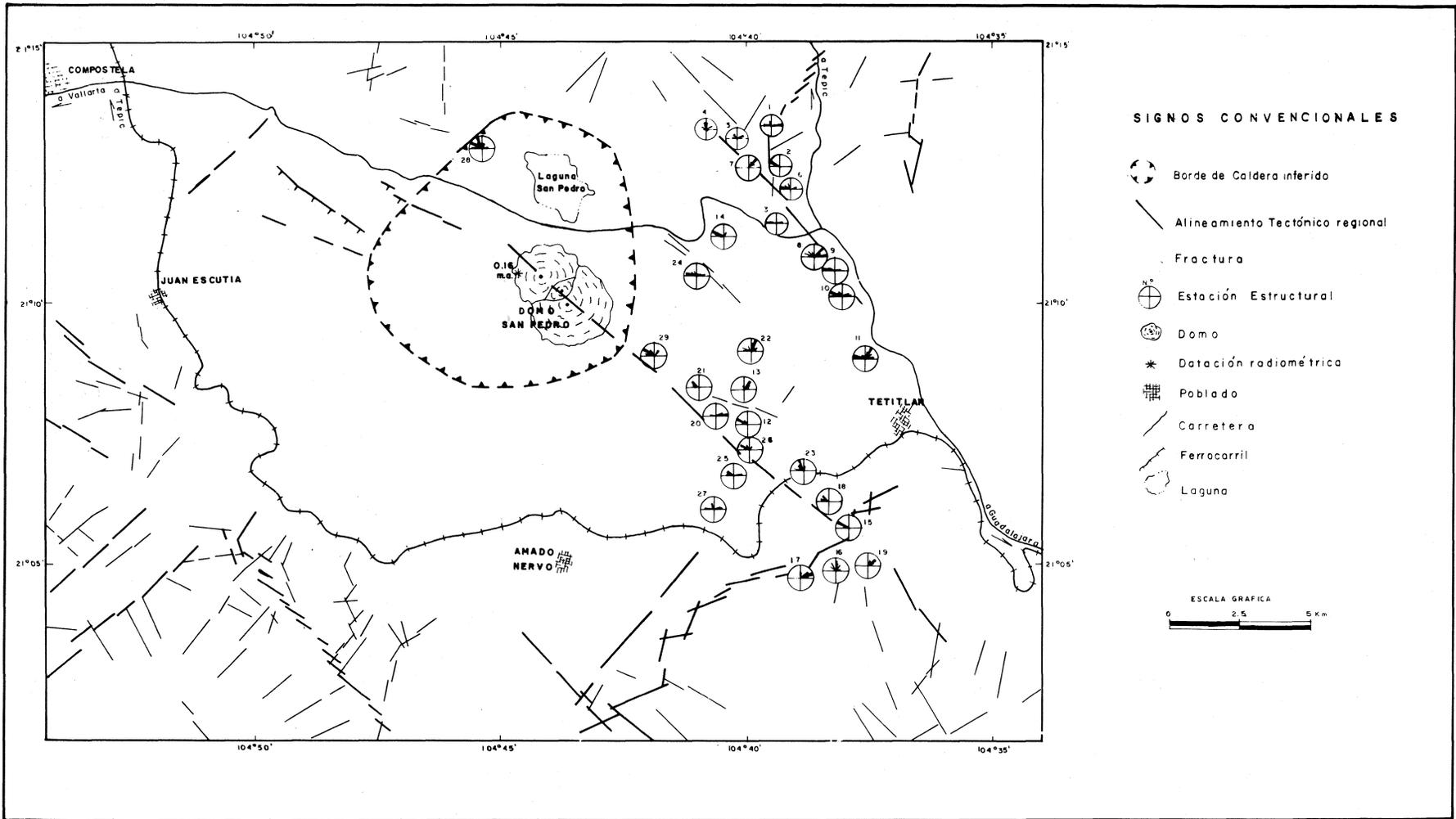


Fig. 2. Ubicación de estaciones estructurales en la zona del Domo San Pedro, Nay.

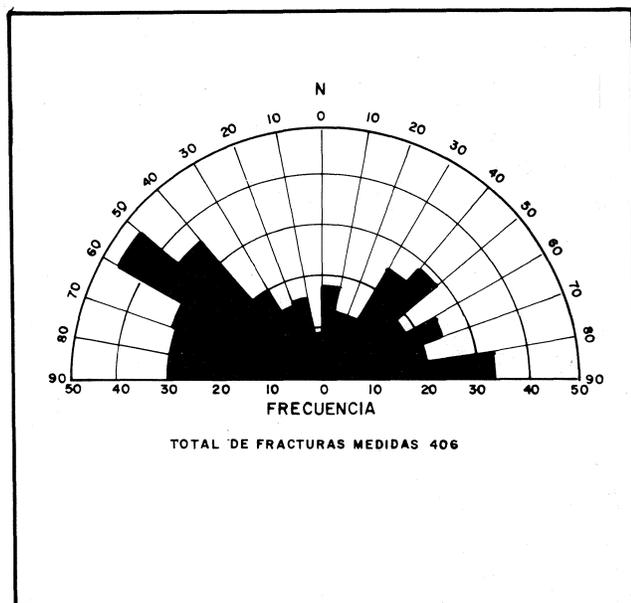


Fig. 3. Rosa de fracturas de la zona del Domo San Pedro, Nay.

Claude Robin y Pierre M. Vincent de la Universidad de Clermont Ferrand (Francia), en una visita a esta zona en compañía de los autores y posteriormente en comunicación escrita, postulan la existencia de una estructura caldérica con base en la distribución, volumen y tipo de material piroclástico extruido, así como al propio desarrollo volcano-lógico en la zona. Posteriores trabajos realizados por los autores permitieron confirmar, como se señaló anteriormente, que los máximos espesores de los flujos piroclásticos, así como los mayores fragmentos de pómez se encuentran al este del Domo San Pedro. Por lo anterior y aunado al carácter pliniano del material piroclástico, así como a rasgos topográficos, en este trabajo se infiere la posible traza de la estructura caldérica postulada (Figuras 2, 4 y 5).

TERMALISMO

Se decidió realizar estudios geológicos detallados en esta zona a partir del reconocimiento de focos termal en el Estado de Nayarit. (Cedillo y Lira, 1985), debido a la existencia en el área de cuerpos dómicos alineados sensiblemente NW-SE, así como a la presencia de algunos manantiales termal (entre ellos los de mayor temperatura), además de que en esa época se creía (erróneamente), que dada la relativa cercanía de los manantiales (conocidos hasta entonces) con el Volcán Ceboruco, éstos representaban un flujo lateral del termalismo hacia este sector.

Durante los trabajos de campo se identificó un buen número de localidades termal de las cuales una mínima parte son frías (25-26 °C), y para las restantes se obtuvo un rango de temperaturas entre 28 °C y 48 °C donde las mayores temperaturas se midieron en la localidad de Las Cuevas, ubicada a 8 km al SE del Domo San Pedro, donde sólo se habían reportado con anterioridad 3 localidades termal (Figura 5). Es evidente como las estructuras

fundas juegan un papel muy importante en el control y presencia del termalismo, así por ejemplo, en el cauce del Río Tetitlán (NE del área) que corre de NW a SE, brotan manantiales termal en su márgen derecha; en cambio en su márgen izquierda brotan y/o descargan los manantiales fríos, provenientes de la zona de captación del Volcán Ceboruco, evidenciando por un lado la existencia de un acuífero subsuperficial importante y por otro lado, que no existen evidencias de un flujo lateral de termalismo proveniente del Volcán Ceboruco. En cambio, como se aprecia en la Figura 5, es bastante claro que todas las localidades identificadas, tanto frías como termal, muestran una disposición radial a partir de los complejos de domos y volcanes ya mencionados y cuyo centro común corresponde al espectacular Domo San Pedro, centro a partir del cual los análisis químicos (Quijano y Chacón, 1985; Tello, 1985 y Tovar, 1987) practicados a todas las localidades identificadas indican la presencia de importantes proporciones de elementos de origen volcánico como el boro, litio, cloruros y sulfatos, así como cierta disminución de tales elementos conforme mayor es la distancia de éstos del Domo San Pedro, revelando un proceso de dilución por aguas subterráneas someras, pero resaltando que los manantiales de esta zona son manifestaciones secundarias de un sistema hidrotermal profundo. Lo anterior se refuerza con los resultados obtenidos en un estudio termométrico (García, 1985) con pozos someros a 2.5 m de profundidad realizado en el Volcán Ceboruco en cual se realizaron además algunas mediciones entre los manantiales de más temperatura de esta área. Los valores obtenidos fueron superiores a los de la zona del propio volcán, definiéndose así un importante gradiente anómalo de temperatura para esta zona de San Pedro.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los manantiales termal, su carácter químico, el importante gradiente de temperatura registrado, así como la existencia de rocas ácidas recientes son argumentos de peso para suponer la presencia de una fuente de calor en el subsuelo de esta zona, representada por una cámara magmática aún caliente, la cual sería la generadora del calor al que se asocia el termalismo en la zona.

Los días 4 y 16 de septiembre de 1987 se produjeron sismos dentro de la zona en estudio, que afectaron y alarmaron a los habitantes de los poblados de San Pedro Lagunillas y Las Guásimas, lugares donde no se habían sentido fenómenos similares desde la última erupción del Volcán Ceboruco en 1870, ubicado a una distancia de 20 km hacia el este; estos sismos fueron muy locales ya que sólo se sintieron en ambas localidades y se cree que el epicentro de los mismos se ubicó en el subsuelo del Domo Los Ocotes, ya que Las Guásimas se asienta en su borde sureste, y San Pedro Lagunillas a 3 km del borde noroeste, ubicándose entre éste último poblado y el Domo Los Ocotes, la Laguna de San Pedro, donde al decir de los pescadores al bajar el nivel de las aguas aparecen manantiales termal y que después de los sismos murieron muchos

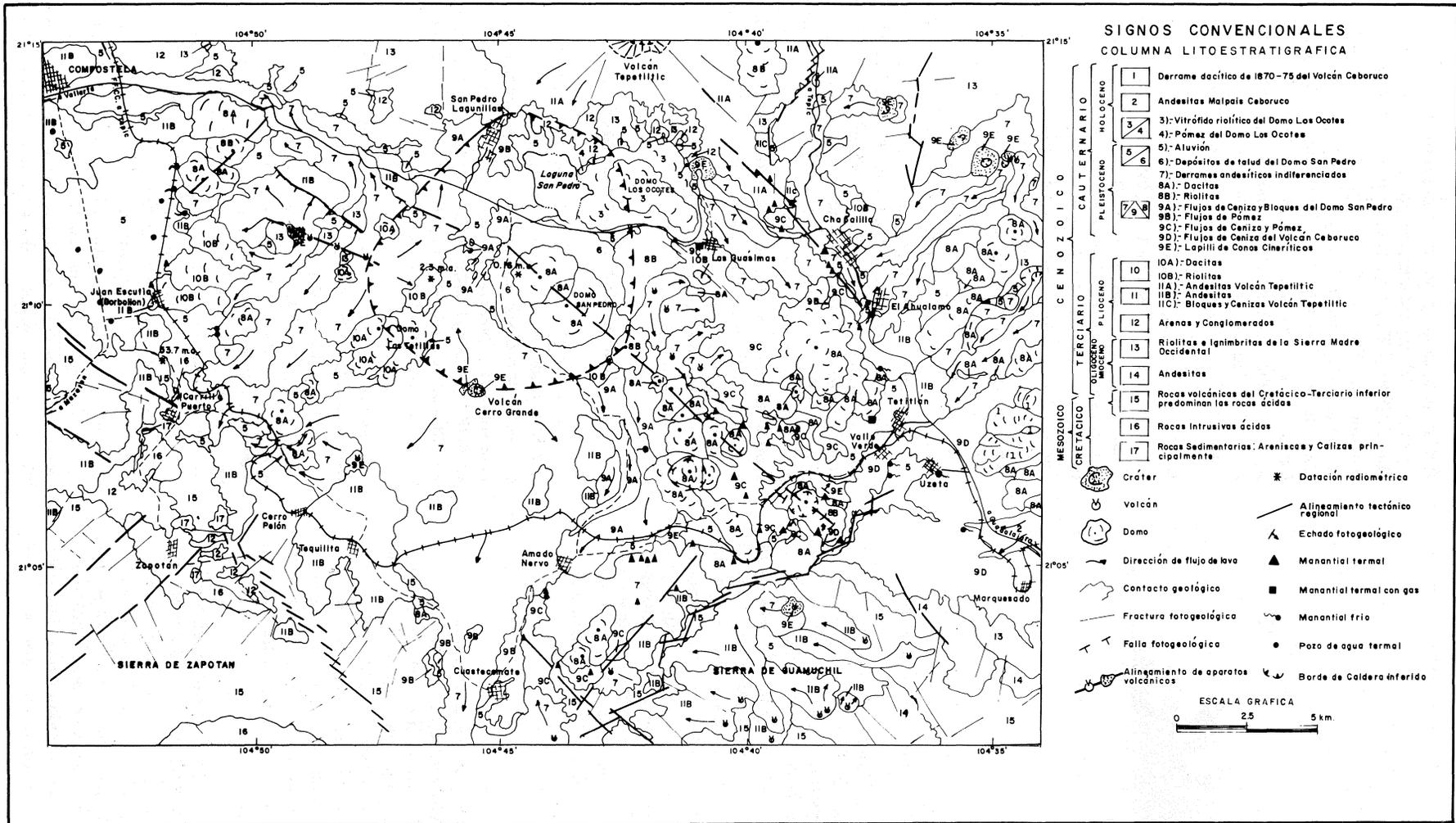


Fig. 4. Mapa geológico de la zona del Domo San Pedro, Nay.

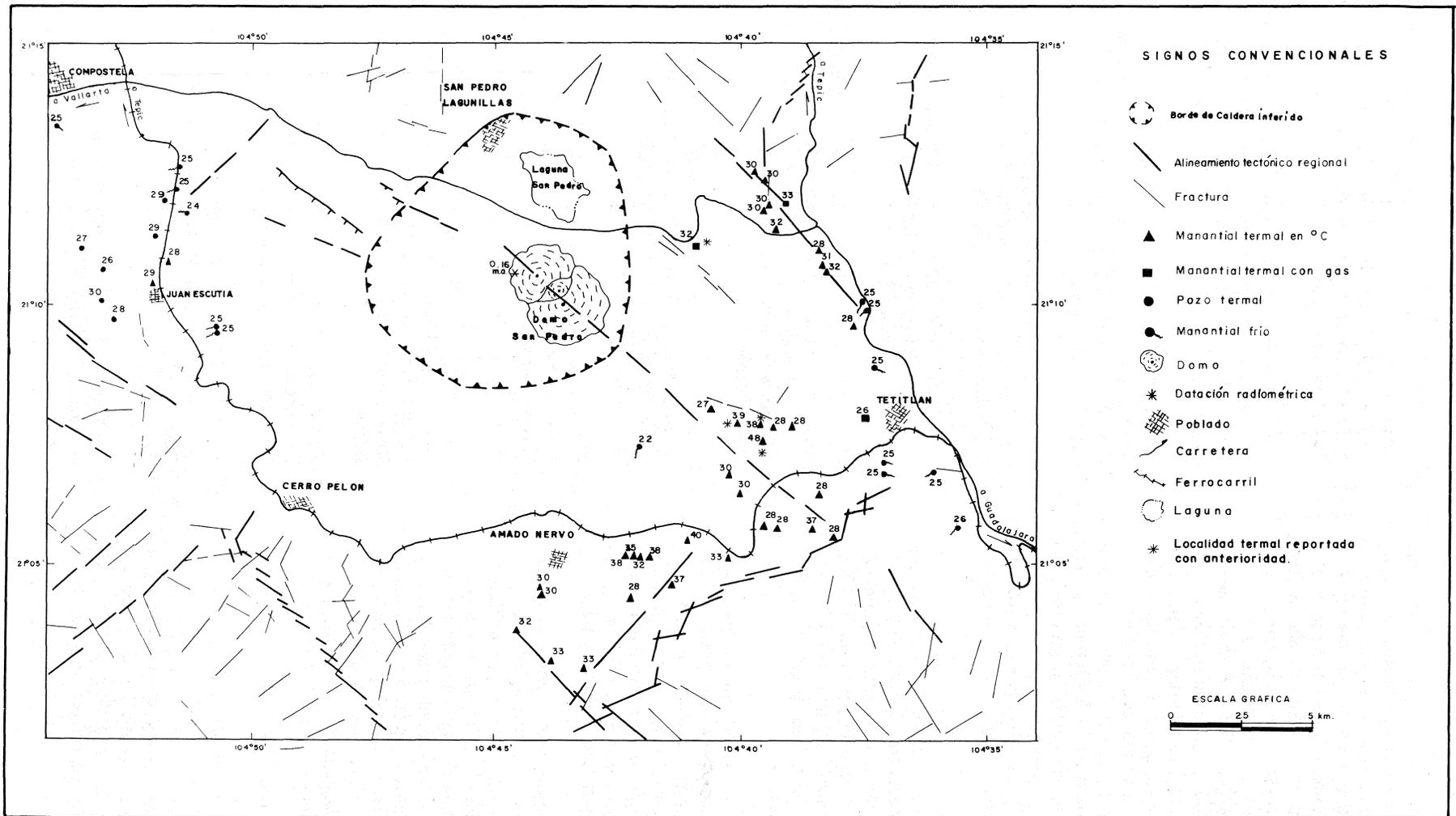


Fig. 5. Distribución del termalismo en la zona del Domo San Pedro, Nay.

peces. Por su carácter local, es posible que los sismos fueron producidos por un reajuste o movimiento de magma en el subsuelo del Domo Los Ocotes aunque también es posible que hayan respondido a un tectonismo regional. Con base a los muestreos de gases de las fumarolas de la cima del Volcán Ceboruco realizados a partir de abril de 1985 y hasta mayo de 1987, justo antes de los sismos, se notó un notable incremento en gases magmáticos H_2 y H_2S (Tovar, 1985; Tello y De la Cruz, 1987). Posteriormente a los sismos y debido a una supuesta reanudación en la actividad del volcán, se realizó otro muestreo de gases ese mismo mes, que reveló la existencia de He (que no se había detectado antes) y de NH_3 , así como una disminución del H_2 y H_2S , por lo que, como ya se mencionó, es posible que entre ambos hechos, (los sismos y los resultados obtenidos del volcán), haya una relación estrecha, producida por un fenómeno natural común, como puede ser el encontrarse ambos cuerpos ubicados y controlados por un mismo patrón tectono-estructural, característico de este sector del Eje Neovolcánico.

Por todo ello y como complemento de los estudios aquí descritos se propuso realizar en esta zona del Domo de San Pedro una ampliación en la cobertura con sondeos eléctricos verticales llevada a cabo en 1985 (Palma, 1985) de la zona del Volcán Ceboruco, dicha ampliación se inició en 1990, con la cual se definió un pequeño mínimo resistivo al sur del Domo San Pedro.

Con la finalidad de obtener mayor información y asegurar el éxito de los pozos exploratorios geotérmicos profundos, actualmente se continúa con estudios geofísicos (la interpretación de la magnetometría regional, un levantamiento gravimétrico, así como un estudio magnetotelúrico, el cual hasta el mes de septiembre de 1991 ha logrado definir cuatro zonas con resistividades eléctricas mínimas).

Como complemento de todos estos estudios se pretenden perforar cinco pozos de gradiente a 200 m de profundidad, el primero de los cuales se inició en septiembre al sur del poblado de El Ahalamo (Figura 4) y a la profundidad aproximada de 160 m alcanzó un acuífero termal con una temperatura de 42 °C, levantando una columna de agua de cerca de 5 m. Los análisis químicos preliminares practicados a estas aguas revelan un incremento en los valores de boro, cloruros, etc., y una disminución en el contenido de bicarbonatos, evidenciando así un justificado interés geotérmico para esta zona del Domo San Pedro.

BIBLIOGRAFIA

- CARAVANTES, A., 1870. El Ceboruco. *La Naturaleza*, 1, 248-252.
- CEDILLO, R. F. y H. H. LIRA, 1985. Reconocimiento y evaluación geológica de los recursos geotérmicos del Estado de Nayarit. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Depto. de Exploración. Informe 49/85. p. 36. Inédito.
- DE LA CRUZ, M. V. y H. D. CASTILLO, 1986. Interpretación fotogeológica de la zona termal de Tetitlán-Valle Verde, Nay. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Reporte GG 11/86. p. 9. Inédito.
- DE LA CRUZ, M. V. y H. D. CASTILLO, 1987. Estudio geológico de la zona termal de Tetitlán-Valle Verde, Nay. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 11/87. 48 p. Inédito.
- DE LA CRUZ, M. V. y H. D. CASTILLO, 1987. Estudio geológico estructural de la zona termal Las Cuevas, Nay. CFE Depto. de Exploración. Informe 22/87. p. 62. Inédito.
- DEMANT, A., 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Instituto de Geología, UNAM. *Revista*, 2, 2, 172-187.
- DEMANT, A., 1979. Vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje Neovolcánico. UNAM. Instituto de Geología. *Revista*, 3, 1, 39-57.
- DIAZ, O. A. y M. V. DE LA CRUZ, 1985. Estudio geológico a semidetalle de la zona geotérmica del Volcán Ceboruco, Nay. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 15/85. p. 44. Inédito.
- GARCIA, E. G. H., 1985. Estudio termométrico de la zona geotérmica del Volcán Ceboruco, Nay. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 44/85. p. 45. Inédito.
- GASTIL, G., D. KRUMMENACHER y W. A. JENSKY II, 1978. Reconnaissance geology of west-central Nayarit, Mexico. Geol. Soc. Am. Map and Chart series MC-24 Scale 1:200,000.
- HERRERA, F. J. J. y H. D. CASTILLO, 1980. Reconocimiento geológico del área geotérmica de Tepic, Nayarit. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 19/80. p. 17. Inédito.
- IGLESIAS, M., M. BARCENA y J. I. MATUTE, 1877. El Ceboruco. Anales del Ministerio de Fomento. (México-Anales 1), 168-196.
- LUHR, J. F., 1978. Factors controlling the evolution of the prehistoric pyroclastic eruption of Volcan San Juan, Mexico. Geol. Soc. Am. Abstr. with Prog. Vol. 10, 114.
- MORAN-DANTE, 1984. Geología de la República Mexicana, INEGI/SPP-Fac. de Ing./UNAM, México, p.88.

- McDOWELL, F. W. y S. E. CLABAUGH, 1979. Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western Mexico. Geological Society of America. Special paper 180, 113-124.
- NELSON, S. A., 1980. Geology and petrology of Volcan Ceboruco, Nayarit, Mexico. Geological Society of America Bulletin, part. II, 91, 2290-2432.
- NELSON, S. A., 1986. Geología del Volcán Ceboruco, Nayarit, México con una estimación de riesgos de erupciones futuras: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, 6, 2, 246-258.
- NELSON, S. A. y I. S. E. CARMICHAEL, 1984. Pleistocene to recent alkalic volcanism in the region of Sanganguey volcano, Nayarit, Mexico. *Contrib. Mineral Petrol.* 85, 321-335.
- PALMA, G. S. H., 1985. Estudio de resistividad en la zona geotérmica del Volcán Ceboruco, Nay. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 42/85. p. 20. Inédito.
- QUIJANO, L. J. L. y F. M. CHACON, 1985. Evaluación geoquímica de la zona geotérmica del Volcán Ceboruco, Nayarit. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 1/85 p. 7. Inédito.
- QUIJANO, L. J. L. y N. VELAZQUEZ, 1983. Evaluación geoquímica preliminar de las zonas termales del Estado de Nayarit. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 16/83. p. 8. Inédito.
- TELLO, H. E., 1985. Reconocimiento y evaluación geoquímica de zonas termales del Estado de Nayarit. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 52/85. p. 18. Inédito.
- TELLO, H. E. y M. V. DE LA CRUZ, 1987. Reporte sobre la visita realizada al Volcán Ceboruco-San Pedro Lagunillas, Nay., el día 24 de septiembre de 1987. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Comunicación de Geoquímica 9/87. Inédito.
- THORPE, R. S y P. W. FRANCIS, 1975. Volcan Ceboruco: A Major composite volcano in the Mexican Volcanic Belt: *Bulletin of Volcanology*, 39, 201-213.
- TOVAR, A. R., 1985. Evaluación de mercurio del suelo y gases de fumarolas en la zona geotérmica del Volcán Ceboruco, Nay. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 34/85, p. 12. Inédito.
- TOVAR, A. R., 1987. Evaluación geoquímica de la zona geotérmica de Tetitlán-Valle Verde, Nayarit. C.F.E. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. Depto. de Exploración. Informe 14/87. p. 9. Inédito.

D. Castillo H.

*Comisión Federal de Electricidad
Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos
Depto. de Exploración
Alejandro Volta 655
Col. Electricistas
58290 Morelia, Michoacán, México*

V. De la Cruz, M.

*Secretaría de Fomento Agropecuario
Gobierno del Estado de Tamaulipas
Cd. Victoria, Tamps., México.*

