

# CAPITULO V

## GEOLOGIA DE LA CIUDAD DE SAN SALVADOR Y SUS ALREDEDORES INMEDIATOS

En los últimos años la ciudad de San Salvador ha tenido un notable crecimiento, lo cual obligó al Gobierno a pensar en una adecuada planificación que incluyó, entre otras cosas, aquellas medidas que se consideran necesarias y efectivas en el futuro desarrollo de la ciudad.

Fue así como, entre otras cosas, se pensó en la elaboración de un estudio geológico detallado del área metropolitana y sus alrededores inmediatos, encomendándose esta tarea a una misión geológica alemana, enviada para tal efecto por el Servicio Geológico de la República Federal de Alemania (Bundesantalt für Bondenforschung). Este capítulo está basado, por consiguiente, en el estudio realizado por dicha misión. <sup>(26)</sup>

La altura sobre el nivel del mar del área capitalina oscila entre 650 y 760 m. Sus límites geográficos son los siguientes:

- Al Norte limita con los cerros de Mariona (798 m.s.n.m.).
- Al Sur se encuentra la Cordillera del Bálsamo (100 m.s.n.m.) y el Cerro San Jacinto (1154 m.s.n.m.).
- Al Oeste colinda con el Volcán de San Salvador (1967 m.s.n.m.).
- Al Este existe un escarpado cuya superficie alcanza los 438 m.s.n.m., que se inclina hacia el Lago de Ilopango.

San Salvador es una ciudad cubierta casi en su totalidad por una ceniza volcánica de color blancuzco, designada, localmente, "Tierra Blanca". Como este material aún no está bien consolidado, es propenso a la erosión, la que constituye uno de los mayores problemas, especialmente en la industria de la construcción.

Para mayor información y exposición de datos geológicos, se pone a continuación la estratigrafía de las formaciones San Salvador, Cuscatlán y Bálsamo, localizadas en el área de San Salvador y sus alrededores inmediatos. (Las rocas más jóvenes han sido situadas en la parte superior; las más antiguas, en la parte inferior).

Formación San Salvador	Espesor
— Aluviones (incluyendo material redepositado por medios artificiales, propios de la actividad del hombre.	más de 20 m.
— Piroclásticos ácidos y depósitos volcánicos epiclásticos ("Tierra Blanca").	más de 50 m.
— Piroclásticos ácidos y depósitos volcánicos epiclásticos (Tobas Color Café).	más de 25 m.

(26) MISIÓN GEOLÓGICA ALEMANA EN EL SALVADOR. "The geology in the San Salvador Area El Salvador, Central America". A basis for city development and planning. Hannover, 1975. 22 p.

- Rocas efusivas andesíticas y basálticas localmente escoria, en parte intercalada en el material anterior. **Espesor**  
más de 10 m.

### Formación Cuscatlán

- Rocas efusivas ácidas a intermedio-ácidas, en parte de la misma edad, en parte más antiguas que el material que se expone inmediatamente después de éste. más de 25 m.
- Piroclásticos ácidos y rocas volcánicas epiclásticas, en parte ignimbritas y depósitos de tobas fundidas. más de 80 m.

### Formación de Bálsamo

- Rocas efusivas andesíticas-basálticas, en parte de la misma edad del material que se expone inmediatamente a continuación de éste. más de 30 m.
- Epiclásticos volcánicos y rocas piroclásticas básicas, con intercalaciones de corrientes de lava andesítica. más de 100 m.

Todas estas rocas, como se puede observar, son de origen volcánico; algunas se encuentran "in situ" (en el lugar donde fueron depositadas originalmente); en cambio, otras han sufrido los efectos del transporte, redepositándose en otro lugar. Las más antiguas se formaron en el Terciario Superior, las más jóvenes en el Holoceno (Era Cuaternaria). La tectónica del área de San Salvador, al igual que la del resto del país, es muy compleja. Son cuatro los sistemas principales de fallas localizados en esta zona:

- El primero se halla en el extremo Sur de esta área, siendo posiblemente el más antiguo; corre de Este a Oeste, caracterizándose morfológicamente por el escarpado N. de la Cordillera Costera.
- El segundo sistema corre de Norte a Sur, se distingue menos; es únicamente local, y se extiende a través de distancias muy cortas.
- El tercero está formado por las fallas más jóvenes que tienen un rumbo Noroeste y poseen una morfología fácilmente reconocible.
- El cuarto sistema se puede considerar como subordinado del tercero; corre en dirección Noreste y en lo que respecta a su morfología es similar a aquél.

Todas estas fallas buzan entre 65° y la vertical. Las que corren de Este a Oeste que se encuentran compensadas por las de los sistemas Norte y/o Noreste, se pueden observar fácilmente en una gran extensión que se halla contigua al escarpado Norte de la Cordillera Costera Oeste y Este en el extremo Sur del área estudiada. Es por esta razón que se les ha llegado a considerar como las más importantes.

Parece que estas fallas se desarrollaron en diferentes épocas, habiendo sido reactivadas en muchas ocasiones. Las más activas, aún recientemente, son las del sistema Noroeste, encontrándose paralelas a ellas una serie de fracturas, que en los últimos años se han manifestado muy visiblemente en diferentes partes, causando algunos daños de consideración.

El cráter de la Laguna, el Volcán de San Salvador y la depresión volcano-tectónica del Lago de Ilopango, están localizadas aparentemente donde las fallas con un rumbo Este se

intersectan con las pertenecientes al sistema Noroeste.<sup>(27)</sup> Hasta el momento actual no existe una explicación satisfactoria para las estructuras circulares, ubicadas en el Este del área de San Salvador; posiblemente resultaron de colapsos subterráneos debidos a subsidencias volcano-tectónicas. (Fig. 15).

Según el criterio de Williams y Meyer-Abich<sup>(28)</sup>, la estructura circular del cráter del Lago de Ilopango se originó por una migración en profundidad del magma y consecuente colapso o derrumbe del techo de cámara magmática.

La ciudad de San Salvador está asentada sobre depósitos piroclásticos y epiclásticos recientes, relativamente poco consolidados, los cuales tienen un espesor promedio de 30 m. el cual aumenta notablemente hacia el Este. En el extremo Sur de la ciudad, el subsuelo, abajo de las tobas está formado por dos corrientes de lavas provenientes del volcán de San Salvador.

La poca estabilidad del subsuelo de San Salvador, ha sido la causa principal para que, desde la época colonial, se le llame a esta zona "Valle de las Hamacas". Tal estabilidad ha contribuido a incrementar la intensidad de los sismos, aumentando también con ello la posibilidad de destrucción. Según Dengo et al.<sup>(29)</sup>, se registran en El Salvador más o menos veinte sismos de intensidad media por año.

En el capítulo correspondiente a la actividad sísmica, se hizo mención de las cuatro zonas sísmicas diferentes existentes en el país. De éstas, la cuarta se caracteriza por sus hipocentros a 10 Kms. de profundidad; se halla casi paralela a la cadena de volcanes jóvenes, y cruza directamente el área de San Salvador.

Los sismos de esta zona, algunas veces están relacionados con erupciones volcánicas, alcanzando en ciertas ocasiones intensidades de más de siete grados (escala de Mercalli-Sieberg). Los efectos producidos por estos sismos se han hecho sentir trágicamente en la ciudad capital y poblaciones vecinas en repetidas ocasiones.

A continuación se expone un cuadro de los sismos catastróficos ocurridos en San Salvador en diversas fechas:

### SISMOS CATASTRÓFICOS EN SAN SALVADOR

23 de Mayo de 1575-1576	Destrucción completa de la ciudad. Epicentro entre San Marcos y Santo Tomás.
30 de Septiembre de 1659	Destrucción completa de la ciudad y erupción violenta del volcán de San Salvador. El volcán permaneció inactivo hasta 1917.
1707	Destrucción completa de la ciudad.
1719	Destrucción completa de la ciudad.
2 de Febrero de 1798	Destrucción completa de la ciudad; los peores daños ocurrieron en Antiguo Cuscatlán, al Sudoeste de la capital.
22 de Marzo de 1839	Destrucción completa de la ciudad.

(27) GREBE, W. H. (1963). Zur Geologie der altvulkanischen Gebirge in El Salvador (Mittelamerika). Beih. Geol. Jb; 50, 116 p., 31 fig. 1 tab; 5 pl; Hannover.

(28) WILLIAMS, H. y MEYER-ABICH, H. "Volcanism in the Southern part of El Salvador, with Particular Reference to the Collapse Basins of Coatepeque and Ilopango". Univ. Calif. Publ. Geol. Sci. Vol. 32, No. 1, pp. 1-64. 1955.

(29) DENGÓ, G. et al. Mapa Metalogenético de América Central, ICAITI, Guatemala, 1969. (Ver Bibliografía General).

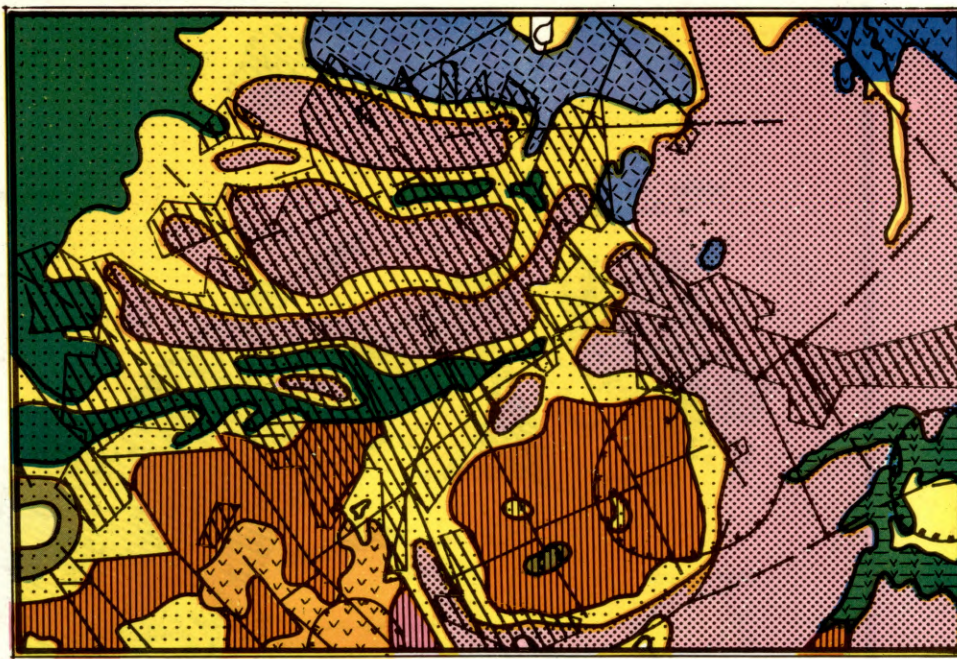


Fig. 15. Mapa Geológico del área de San Salvador.

dad, con daños en Nejapa y Quezaltepeque (Norte de la capital); movimientos fuertes hasta 1840.

16 de Abril de 1854

El mayor desastre causado por un sismo con una intensidad máxima en una zona con dirección Noroeste y un Km. de ancho; la intensidad más grande fue cerca del Cerro San Jacinto. La capital fue trasladada a Santa Tecla, regresando a su lugar original en 1859.

4 de Marzo de 1873

Solamente quince casas quedaron en pie. Epicentro presumiblemente cerca de Santo Tomás.

Dic. 1879/Enero 1880

Sismos que precedieron a la erupción en el Lago de Ilopango.

7 de Junio de 1917

Gran desastre. La principal actividad sísmica fue simultánea con una erupción del Volcán de San Salvador. Movimientos posteriores causaron destrucción (19 de junio de 1917).

28 de Abril de 1919

Más de 100 muertos, la mayoría de estas personas estaban viviendo en casas dañadas por el sismo de 1917.

3 de Mayo de 1965

Epicentro entre San Marcos y Santo Tomás. Destrucción con-

siderable en un espacio de 15 Kms. Más de 120 muertos. El sismo principal fue precedido durante tres meses por otros más débiles. Intensidad 6 a 6-1/4.

La información anterior fue obtenida por la Misión Geológica Alemana de Lomnitz y Schulz, 1966, p.563.

Los estudios geológicos de esta área, sumados a los análisis técnicos del sismo del 3 de mayo de 1965 (Dengo et al, 1965: Lomnitz y Schulz, 1966), demostraron concluyentemente la relación entre la intensidad de la actividad sísmica y la naturaleza geológica del subsuelo. El epicentro de este terremoto está asociado con la zona de dislocación del sistema tectónico Este y Noroeste. (Fig. 16).

La superficie cubierta por las rocas consolidadas de las Formaciones de Bálsamo y Cuscatlán, por los stocks volcánicos (cúpula) del Cerro San Jacinto y los Cerros de Mariona y el Volcán Boquerón, fue la que más resistió al impacto producido por el terremoto del 3 de mayo de 1965, ya que los daños ocasionados fueron de escasa importancia.

Es evidente que las dos corrientes de lavas provenientes del volcán de San Salvador le han proporcionado estabilidad a aquella parte del subsuelo de San Salvador donde se manifiesta. Por consiguiente, las zonas mencionadas en el párrafo anterior son las únicas que pueden brindar seguridad para la construcción de edificios. (Fig. 17).

Todas aquellas áreas en las cuales afloran rocas poco consolidadas (piroclásticas y epiclásticas, particularmente "Tierra Blanca" y tobas de color café) son muy susceptibles a los estragos de la erosión, producidas por la escorrentía superficial.

En aquellos lugares donde se utiliza la "Tierra Blanca" como material de relleno, debe tenerse especial cuidado de realizar una correcta compactación, ya que de lo contrario,

Fig. 16 Distribución de la intensidad del terremoto del 3 mayo de 1965. (Tomado de The Geology in the El Salvador, Central America, a Basis for city Development and Planning).

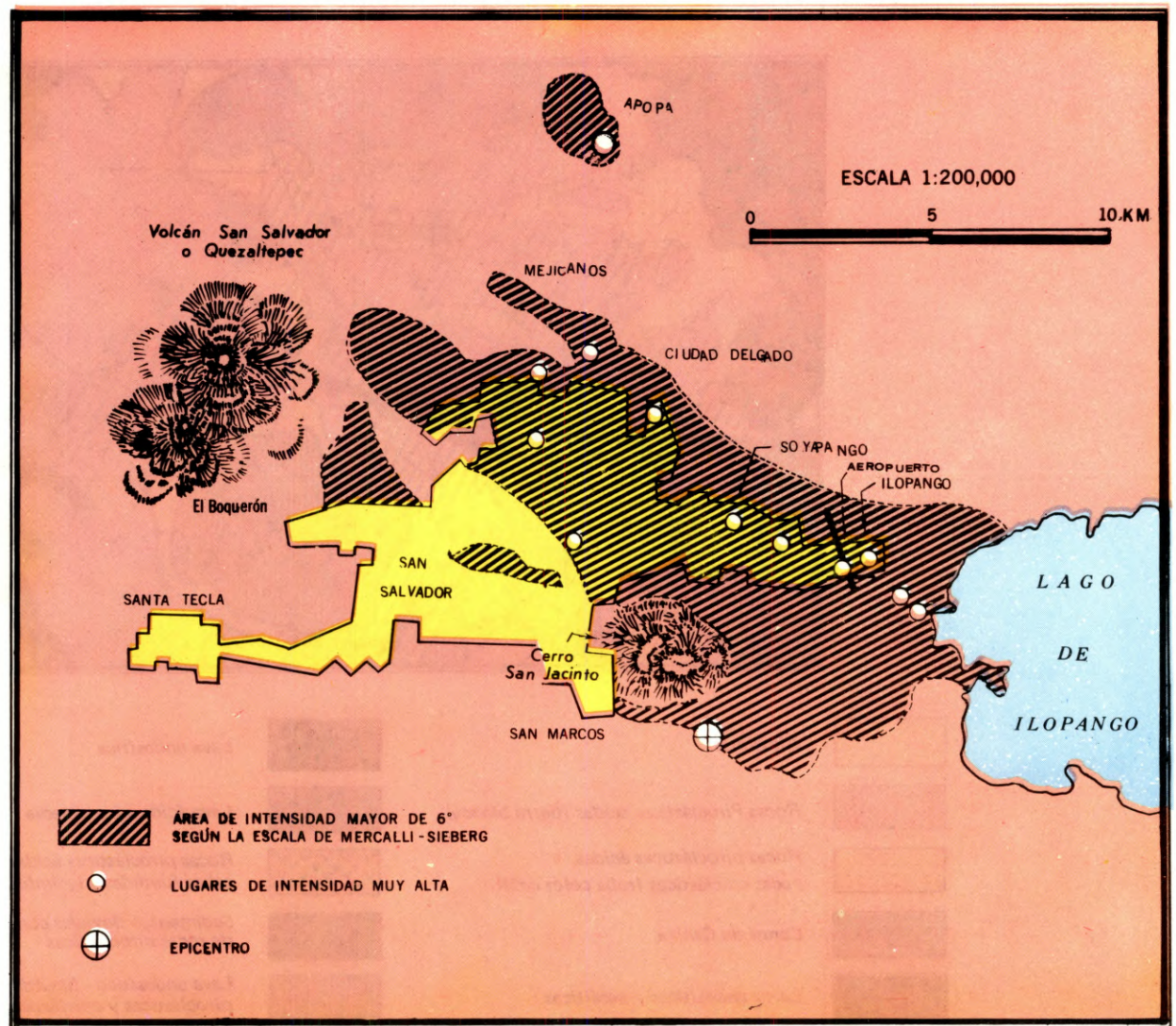


Fig. 17 Zonas de mayor estabilidad sísmica en San Salvador (Tomado de The Geology in the San Salvador area, El Salvador, Central America, a Basis for City Development and Planning).

los daños de la erosión serían de gran magnitud.

Es necesario también tomar en consideración que la estabilidad de dicho material ha sido afectada por movimientos tectónicos y erosión interior a lo largo de uniones y planos de estratificación. Cuando llueve intensamente, esto ha dado lugar a derrumbes y hundimientos de edificios, y a la formación

de cavernas, que posteriormente se convierten en grandes barrancos, perjudiciales éstos para el desarrollo de la agricultura.

Lo anterior se podría evitar en parte, si se tomaran todas aquellas medidas, como por ejemplo, la instalación de un sistema de drenaje superficial y subsuperficial, así como también, cubrir de vegetación las zonas situadas fuera del área urbana.

## BIBLIOGRAFÍA

1. DENGO, G. et al. Informe preliminar de la misión de reconocimiento sísmológico en El Salvador. Paris: UNESCO (US/06 0665-131 AVS), 1965; 26 p. I Appendix.
2. GREBE, W. H. (1963): Zur Geologie der altvulkanischen Gebirge in El Salvador (Mittelamerika). Beih. Jb; 50, 116 p., 31 fig; 1 tab., 5 pl; Hannover.
3. MISIÓN GEOLÓGICA ALEMANA EN EL SALVADOR. The Geology in the San Salvador area (El Salvador, Central America), a basis for city development and planning. Hannover, 1975.
4. WILLIAMS, H. y MEYER-ABICH, H. (1965). Volcanism in the southern part of El Salvador. Univ. Calif. Publ. Geol. Sci. 32: 1-64; 7 Fig; 8 pl; Berkeley-Los Angeles.

# CAPITULO VI

## CAMPOS GEOTERMALES

Los primeros estudios relacionados con la posible utilización de la energía se desarrollaron en los campos termales de Ahuachapán, por ser éstos los más favorables en relación con la existencia de vapor y agua caliente en el interior de la tierra. En la actualidad estos campos están en explotación y contribuyen, de esta manera, al desarrollo económico del país.

Naturalmente, siendo El Salvador eminentemente volcánico, es lógico encontrar en otras zonas, aparte de la de Ahuachapán, campos geotermales, que en su mayoría se están investigando, con el objeto de incorporarlos al avance industrial de la Nación.

Los campos termales de Ahuachapán se ubican geográficamente entre las coordenadas 89° 48' 50" L. W. G. y 13° 55' 00" L. N.

En el país se designa con los nombres de "infiernillos" o "ausoles", tanto a las fumarolas, como a las solfataras. Los ausoles siempre han atraído el interés, habiendo sido mencionados por diversos autores en diferentes épocas, la más antigua de las cuales pertenece al año de 1576. (Publicación de Diego García de Palacio).

Ya que la geología desempeñó papel importante en las investigaciones geotermales realizadas en Ahuachapán, se expone a continuación un resumen de ella: (30)

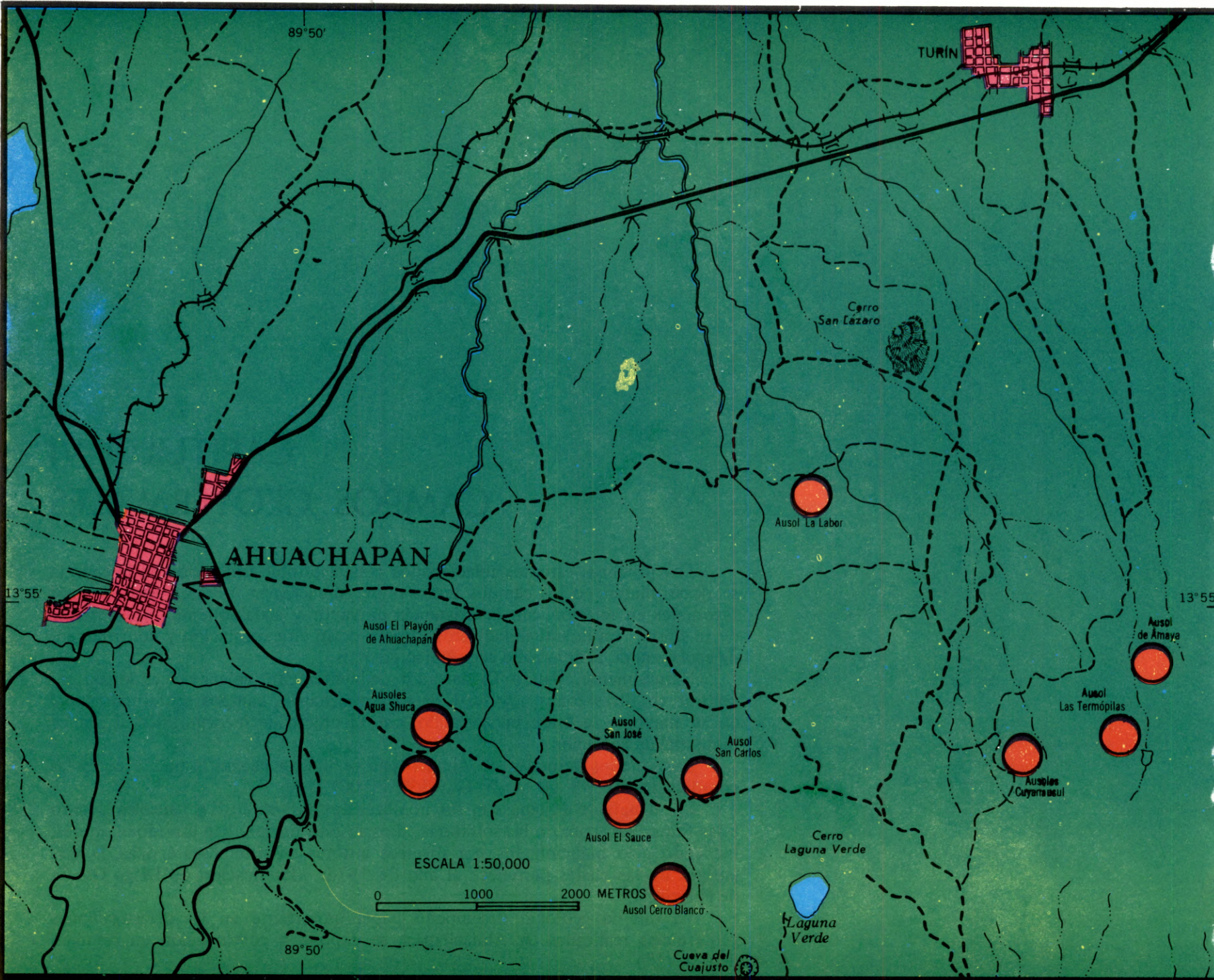
- Se encuentra dentro de la Fosa Central.
- Las cumbres volcánicas en la parte Sur pertenecen al volcanismo del Pleistoceno-Holoceno.
- El bloque volcánico más viejo que limita la Fosa hacia el Sur se encuentra en parte cubierto por los productos provenientes del volcanismo joven.
- Productos efusivos incoherentes, redepositados en su mayoría por ríos, forman parte de las llanuras.
- El bloque Norte de la Fosa Central está representado por las montañas volcánicas al Norte de las llanuras.

Los principales ausoles (Fig. 18) de la región de Ahuachapán son: (31)

- Playón de Ahuachapán, ubicado a orillas del río Agua Caliente, a una altura de 750 m.s.n.m. Comprende numerosas emanaciones de vapor y aguas sulfurosas.

(30) DÜRR, F. Energía Geotérmica. Informe Geotérmico No. 1. Serv. Geol. Nac. San Salvador, 1960. 268 p.

(31) MEYER-ABICH, H. Los Ausoles de El Salvador, con un Sumario Geológico-Tectónico de la Zona Volcánica Occidental. Comunicaciones. Año II. Mayo Nos. 304. Instituto Tropical de Investigaciones Científicas. Universidad de El Salvador. 1953.



• Campo Geotermal de Ahuachapán, según croquis elaborado por Meyer-Abich. (Tomado de "Comunicaciones", Año II, Mayo, Nos. 3-4). Se trata del principal campo geotermal de El Salvador, el cual en la actualidad está siendo explotado para obtener de él, energía endógena que posteriormente es transformada en fluido eléctrico.

- Ausoles de Agua Shuca, ubicados en el cantón El Barro, más o menos entre 845 m y 870 m.s.n.m.
- Ausoles El Sauce y San José. Ambos están localizados en el cantón Suntecumat, a una altura sobre el nivel del mar de más o menos 1010 m.
- Ausoles San Carlos, ubicados en la finca del mismo nombre a 1030 m. de altura s.n.m. Se caracterizan por sus aguas hirvientes.
- Ausoles Cerro Blanco, localizados en la finca Las Canarias más o menos entre 1120 m. y 1185 m. de altura s.n.m.
- Ausoles La Labor, situados en la hacienda del mismo nombre, a una altura de 680 m.s.n.m. Su actividad ha disminuido bastante con relación al pasado.
- Ausoles de Cuyanausol, que se encuentran en una montaña volcánica que tiene el mismo nombre, exactamente en sus faldas Norte, en dos barrancos.

En el barranco del lado Este que recibe el nombre de "Presas de Atiquizaya", se hallan dos ausoles: 1. Las Termópilas (1214 m.s.n.m.), situados en la finca también así denominada, y 2. Ausol de Amaya (1123 m.s.n.m.), ubicado precisamente en el cantón El Tortuguero.

En el barranco del lado occidental se ubican los ausoles Cuyanausul, a una altura s.n.m. que oscila entre 1283 m. y 1436 m.

El Ausol El Playón de Salitre, localizado en la hacienda La Labor, a una altura de 540 m.s.n.m.

En este ausol son tres las áreas donde brotan aguas termales, las cuales rodean una zona de rocas volcánicas.

Nota: Ya que es de suma importancia para la economía nacional la obtención de energía geotérmica, se hará a continuación una síntesis de los estudios emprendidos dentro del área de Ahuachapán:<sup>(32)</sup>

(32) PROYECTO GEOTÉRMICO DE AHUACHAPÁN. Folleto Informativo. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa. Sin año.

Los primeros trabajos de exploración del subsuelo comenzaron en el año de 1957, con la colaboración técnica del Servicio Geológico Nacional del Ministerio de Obras Públicas, anexo en la actualidad al Centro de Investigaciones Geotécnicas.

En 1965 el gobierno salvadoreño y el Fondo Especial de las Naciones Unidas, firmaron un convenio de asistencia técnica, con el objeto de investigar, y al mismo tiempo utilizar, los recursos naturales propios del subsuelo para incrementar el desarrollo eléctrico del país.

Se realizaron primeramente estudios geológicos, con el fin de obtener la información morfológica y geotectónica, necesaria para la localización de fracturas y/o zonas que presentaran alteraciones hidrotermales.

Las investigaciones geofísicas proporcionaron datos gravimétricos, magnetométricos, termométricos, sísmicos y de resistividad. Esto sirvió de base para conocer la estructura del subsuelo, la densidad, y otra serie de factores más.

La geoquímica consistió en la toma de análisis de muestras de agua y gases, lo cual conllevó a correlacionar la composición química de los fluidos subterráneos, para determinar la posibilidad de su aprovechamiento.

En el año de 1970, se perforaron ocho pozos geotérmicos de gran profundidad, con la finalidad principal de obtener mayor información sobre las reservas de vapor del área. La profundidad mínima de los pozos alcanzó los 600 m,

en tanto que la máxima fue de 1400 m.

- En 1971, se dio por concluido el estudio sobre factibilidad de construcción de la Central Geotérmica.
- De todo lo anterior, se concluyó que era factible, técnica y económicamente, la construcción de una central generadora de tipo geotermoeléctrico de 30.000 kilovatios en Ahuachapán, considerándose, asimismo, el costo estimado de la obra, el costo de producción de la energía por utilización de vapores del subsuelo y las diversas alternativas para solucionar el problema de las aguas residuales de los pozos geotérmicos.
- En los años de 1972 a 1974, se continuó con una serie de actividades, que finalmente llevaron al aprovechamiento de la energía geotérmica para la producción de energía eléctrica.
- La capacidad inicial de 30.000 kilovatios de la Planta Geotérmica de Ahuachapán, será aumentada en un futuro próximo, a través de la incorporación de la segunda y tercera unidades generadoras, que han sido proyectadas por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa (CEL), a un total de 90.000 kilovatios.

Todo este aprovechamiento de los recursos naturales redundará naturalmente en la evolución económica del país, ya que podrá satisfacer sus necesidades de energía, sin depender exclusivamente del combustible proveniente del exterior.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. DURR, F. Energía Geotérmica. Informe Geotérmico No. 1. Serv. Geol. Nac. San Salvador, 1960. 268 p.
2. MEYER-ABICH, H. Los Ausoles de El Salvador. Con un Sumario Geológico-Tectónico de la Zona Volcánica Occidental. Comunicaciones. Año II. Mayo. Nos. 3-4. Instituto Tropical de Investigaciones Científicas. Universidad de El Salvador. 1953.
3. PROYECTO GEOTÉRMICO DE AHUACHAPÁN. Folleto Informativo. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa. Sin año.