

GEOLOGIA Y MINERALOGIA DEL CAMPO GEOTERMICO DE CERRO PRIETO, B. C.

J. M. Cobo R.
Comisión Federal de Electricidad
Coordinadora Ejecutiva de Cerro Prieto
Mexicali, B. C.

GENERALIDADES

El área geotérmica de Cerro Prieto se encuentra en la planicie de inundación del Río Colorado formando parte de la provincia fisiográfica de "Sierras de Baja California" y uniéndose a la provincia fisiográfica de la "Zona Desértica de Sonora" por el Delta del Río Colorado. (Fig.1).

GEOMORFOLOGIA

Los aspectos morfológicos del área están caracterizados por serranías alargadas, con orientación NO-SE, irregulares y con fuertes pendientes, constituidas por rocas ígneas intrusivas que forman parte de un gran batolito que se encuentra casi a lo largo de toda la península, y un amplio valle de pendientes suaves, en etapa de senectud, cortado por el Río Colorado de NE-SO.

GEOLOGIA

En el área geotérmica y sus alrededores afloran rocas metamórficas del Cretácico (gneiss, esquistos y mármoles), probablemente producto del metamorfismo regional causado por las intrusiones de las rocas ígneas del Cretácico Superior, rocas sedimentarias del Terciario (lutitas y areniscas), depósitos aluviales del Pleistoceno y del Reciente y rocas ígneas extrusivas del Cuaternario.

ESTRATIGRAFIA

Cretácico Superior: está representado en el área por rocas ígneas intrusivas que forman parte del gran batolito granítico que se encuentra a lo largo de la península de B.C., esta unidad ha sido alcanzada durante las perforaciones de los pozos M-3 (2579 m), M-96 (2718 m) y S-262 (1473 m), cuya clasificación al microscopio corresponde a un granito de biotita.

Terciario: rocas sedimentarias, esta unidad descansa sobre las rocas graníticas mostrando una discordancia erosional y litológica como lo demuestran las secuencias atravesadas en los pozos M-3 y M-96.

Esta unidad consta de lutitas, lutitas limolíticas y limolitas de color gris a negro (a mayor metamorfismo el color de las rocas lutíticas es más oscuro) intercaladas con

areniscas de cuarzo y escaso feldespato (arcosas), de grano fino a grueso, de color blanco y blanco grisáceo. De esta unidad se extraen los fluidos geotérmicos.

La cima de esta unidad la constituyen lutitas, lutitas limolíticas y limolitas de color café con alternancia de areniscas de color crema; ocasionalmente se encuentra una lodolita cubriendo a estas rocas.

Pleistoceno y Reciente: depósitos aluviales formados por arcillas, arenas y escasas gravas.

Rocas ígneas extrusivas: en el área estas rocas están presentes en el aparato volcánico de Cerro Prieto de composición andesítica, formado por un domo y un cráter que se encuentra sobre arcillas y arenas (Fig.2).

TECTONICA

En el área de Cerro Prieto existen dos sistemas de fallas, el de Cerro Prieto con orientación NO-SE, y el denominado Volcano normal al primero, ambos dentro del sistema de fallas de San Andrés.

CEMENTANTES Y MINERALES

Por medio de las columnas atravesadas durante la perforación de pozos en el campo geotérmico se identificaron cuatro zonas en los sedimentos consolidados, caracterizadas por el tipo de cementante y minerales hidrotermales, siendo de menor a mayor temperatura las siguientes:

- Zona de carbonato de calcio (Zcc).
- Zona de carbonato de calcio y sílice (Zccs).
- Zona de sílice, escaso carbonato y mineral de epidota o zona de transición (Zt).
- Zona de sílice y epidota (Zse).

ZONA DE CARBONATO DE CALCIO (ZCC)

La Zcc es la de menor temperatura y la primera en encontrarse, en algunos casos intercalada con la Zccs e iniciándose en las lodolitas con alternancia de areniscas.

Generalmente es donde empiezan los primeros ascen-

sos en la temperatura de los lodos de perforación; su espesor oscila entre los 50 m (M-110) a 1450 m (M-6) con temperaturas que van de 60° a 200°C.

ZONA DE CARBONATO DE CALCIO Y SILICE (ZCCS)

Esta zona generalmente se encuentra bajo la Zcc y la Zt con espesores que van de 0 m (T-386 y NL-1) a 1600 m (M-3 y M-94) y con temperaturas de 150°C a 250°C.

ZONA DE SILICE, ESCASO CARBONATO Y MINERAL DE EPIDOTA O ZONA DE TRANSICION (ZT)

La Zt se localiza bajo la Zccs, dentro y debajo de la Zcc (M-114) y en ocasiones encima y debajo de la Zse, con un espesor que varía de 10 m (M-149) a más de 480 m (M-101) y con temperaturas del orden de los 250°C.

ZONA DE SILICE Y MINERAL DE EPIDOTA (ZSE)

La Zse se encuentra debajo de la Zt, con espesores entre 30 m (T-388, M-48) y 840 m (NL-1).

Esta zona también se encuentra debajo de la Zccs, con un espesor que va de 60 m (M-84) a 460 m (T-366) y con temperaturas de 200°C a más de 300°C.

SECCIONES DE CEMENTANTES Y MINERALES

Utilizando los cortes litológicos y mineralógicos realizados a partir de muestras de canal y núcleos extraídos durante la construcción de pozos, se llevó a cabo una serie de secciones para correlacionar las 4 zonas de cementantes y minerales.

Se construyeron 5 secciones con orientación NO-SE, 4 SO-NE y 1 con dirección S-N, en la que se representaron las diferentes zonas de cementantes y minerales (Fig. 3).

SECCION I-I' (FIG. 4)

En esta sección con orientación SO-NE están comprendidos los pozos M-181, M-46, M-102, M-127 y M-129.

La Zcc tiene temperaturas de 150°C a 250°C en su porción SO y de 100°C a 175°C en su parte central y SE. La Zccs con temperaturas de 200°C a 250°C (parte SO). La Zt con temperaturas de 250°C y la Zse con temperaturas de 200°C a más de 300°C.

SECCION III-III' (FIG. 5)

Va de los pozos M-6, M-45, M-48, T-388 y T-366. Las zonas de menor temperatura (Zcc y Zccs) están en el extremo SO y las zonas de mayor temperatura (Zt y Zse) en la parte central y NE.

SECCION V-V' (FIG. 6)

Comprende los pozos O-473, M-90, M-91, M-93 y T-366.

En el pozo O-473 se atravesó la Zcc de poco espesor, siguiendo la Zccs, que es la de mayor grosor, encontrándose a ésta empacando a la Zt, la cual aparece sobre la Zse en la parte central y por debajo de ésta en su extremo NE.

La Zcc se adelgaza en sus extremos SO y NE aumentando de espesor en la parte central con temperaturas de 100°C a 200°C.

La Zcc se adelgaza al NE con temperatura de 200°C.

La Zse aparece en la parte central y NE con temperaturas mayores de 250°C.

SECCION VII-VII' (FIG. 7)

Esta sección pasa a través de los pozos M-92, M-93, T-386, T-366 y NL-1; las zonas de menor temperatura (Zcc y Zccs) se ubican en la porción SO y tienen gran espesor, adelgazándose hacia el NE en la parte central, hacia el NE se localiza la zona de mayor temperatura (Zse).

La Zcc en la parte SO registra temperaturas de 60°C a 100°C, en la parte central-SO de 60°C a 150°C (M-93), en su porción central-NE temperaturas de 150°C a 200°C y en el extremo NE temperaturas de 100°C a 200°C y la Zse tiene temperaturas mayores de 250°C.

SECCION IX-IX' (FIG. 8)

Esta sección, con dirección S-N, atraviesa el campo geotérmico en su parte central y comprende los pozos M-101, M-90, M-50, M-48, M-84, M-123 y M-110.

La zona de mayor temperatura (Zse) sólo fue penetrada en el pozo M-123 con buen espesor, habiéndose atravesado en los pozos M-48 y M-84 con un espesor menor.

Esta sección muestra los límites hacia el N de la Zse.

SECCION II-II' (FIG. 9)

Comprende los pozos M-53, M-120, M-127, M-149 y T-366.

Siendo la zona superior la Zcc con temperaturas de 150°C y 200°C, seguida por la Zccs con temperaturas de 200°C, e inmediatamente a ésta la Zt; entre la Zccs y la Zse, ésta última, con temperatura de 200°C a más de 250°C, es la de mayor temperatura y se encuentra completamente definida en los pozos M-120, M-127, M-149 y T-366, siendo en el pozo T-366 donde es mayor su espesor.

SECCION IV-IV' (FIG. 10)

Incluye los pozos M-94, M-110, M-123, M-102, M-103 y M-93.

Se aprecia claramente cómo se van definiendo las zonas hacia el SE. En el extremo NO (pozo M-94) se pre-

sentan la Zcc y la Zccs, siendo de mayor espesor esta última, con temperaturas de 150°C y 200°C, presentándose en la parte central y SE la Zcc con temperaturas de 100°C a 150°C siguiéndole a profundidad la Zccs encontrándose debajo de ésta la Zse con temperaturas de 200°C a 300°C, habiendo quedado terminados en ésta los pozos M-123, M-102, M-103 y M-93.

SECCION VI-VI' (FIG. 11)

Efectuada a través de los pozos Q-757, M-114, M-123, M-102, M-169 y T-386.

En la parte NO (pozo Q-757) están presentes las zonas de carbonato de calcio, de sílice, de carbonato de calcio y sílice.

En el pozo M-114 se atravesaron la Zcc, la Zccs, la Zt y la Zse.

Del pozo M-123 al M-169 aparece la Zcc con temperaturas de 100°C a 150°C, siguiéndole a profundidad la Zccs con temperaturas de 150°C a 250°C; encontrándose la zona de transición de poco espesor en el pozo M-123 sobre la Zse, y en el pozo M-169 encima y debajo de ésta.

La Zse con temperaturas de 200°C a más de 300°C. En la parte superior del pozo T-386 se encuentra la Zcc seguida por la Zt y por último la Zse.

SECCION VIII-VIII' (FIG. 12)

Los pozos M-3, M-43, M-19A, M-84, T-388 y T-386 forman esta sección. En ella las zonas de menor temperatura están situadas al NO, localizándose en la parte central y definiéndose claramente hacia el SE las zonas de mayor temperatura (Zt y Zse).

SECCION X-X' (FIG. 13)

Se localiza en la porción SO del campo geotérmico y se formó a través de los pozos M-6, O-473, M-101 y M-92.

En el pozo M-6 se tiene la Zcc, empacando un espesor pequeño de la Zccs, con temperaturas de 100°C a

150°C, y en su extremo SE se localiza el pozo M-92 que presenta las mismas zonas del pozo M-6 pero a mayor profundidad. En la parte central se encuentran los pozos O-473 y M-101 los cuales atravesaron la Zcc, la Zccs y la Zt.

En la parte central NO se localiza el pozo O-473 el cual atravesó la Zcc, la Zccs con temperaturas de 100°C a 150°C se encuentra encajonando a la Zt con 150°C. El pozo M-101, ubicado en la porción central SE, atravesó la Zcc y la Zccs, ésta última con temperaturas de 150°C a 200°C, siguiendo a profundidad la Zt con 200°C a 250°C.

Las mayores temperaturas se observan en los pozos O-473 y M-101, disminuyendo hacia los pozos M-6 y M-92.

Los datos de estas secciones se han condensado en la tabla 1.

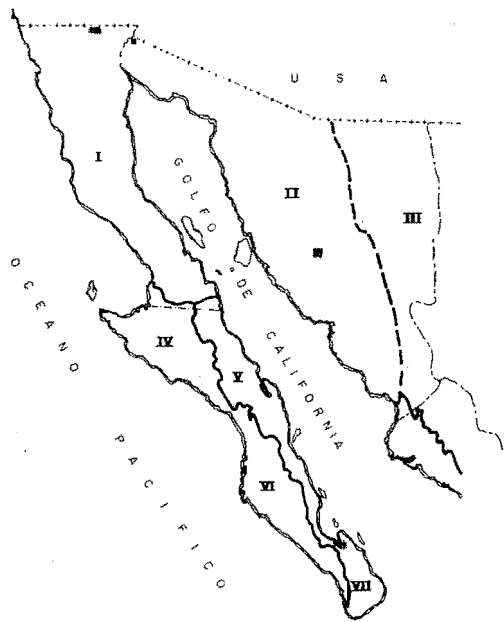
Con parte de las secciones antes descritas se elaboró un isométrico (Fig. 14) en el que se aprecia cómo evolucionan las diferentes zonas de cementantes y minerales.

Las zonas de menor temperatura presentan mayor espesor en la porción SO y NO del campo geotérmico disminuyendo su grosor hacia la parte central y E, definiéndose y aumentando de espesor las zonas de mayor temperatura (Zt y Zse).

La Zse está bien expuesta en la parte oriental del campo, en los pozos M-93, M-91, M-84, M-123, M-107 y NL-1.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, Jr., Manuel, *Tectónica profunda de México* (mimeo), s.p.i.
- Calderón, Alejandro G., *Estudio preliminar geológico del área al sur y sureste de Mexicali, B. C. para aprovechar los recursos geotérmicos* (sin pub.), 1958.
- Heinrich, E. W. M., *Petrografía microscópica*, Barcelona, Ediciones Omega, 1960.
- Pettijohn, F. J., *Rocas sedimentarias*, Buenos Aires, Eudeba, 1949.



PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

- I** SIERRA DE BAJA CALIFORNIA (CRISTALINA)
- II** ZONA DESERTICA DE SONORA
- III** SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV** LLANURA COSTERA DE BAJA CALIFORNIA (DE SEBASTIAN VIZCAINO)
- V** SIERRA DE BAJA CALIFORNIA (VOLCANICA)
- VI** LLANURA COSTERA DE BAJA CALIFORNIA (IRAY-PURISIMA)
- VII** SIERRA DE BAJA CALIFORNIA (DE LA PAZ)

S I M B O L O S

- LIMITE DE PROVINCIA FISIOGRAFICA 
- LIMITE DE SUBPROVINCIA FISIOGRAFICA 
- LIMITE INTERNACIONAL 

Figura 1.

ERAS	PERIODO	EPOCA	PETROLOGIA	ESPESOR	DESCRIPCION LITOLOGICA
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO		DE 500 A 2300 m.	ANDESITAS, ARCILLAS, ARENAS DE FINAS A GRUESAS, DE CUARZO, SILICE, FELDSPATOS Y ESCASAS GRAVAS. DIABASA
		PLEISTOCENO		DE 0.0 A 100 m.	LODOLITAS LIMOSA DE COLOR CAFE CON INTERCALACIONES DE ARENA Y ARENISCAS DE COLOR CREMA, POBREMENTE CEMENTADAS, MODERADAMENTE CLASIFICADAS.
	TERCIARIO			100 m.	LUTITAS, LUTITAS LIMOLITICAS Y LIMOLITAS DE COLOR CAFE, LAMINARES, FISILES INTERCALADAS CON ARENISCAS DE COLOR CREMA, DE MODERADAMENTE A BIEN CLASIFICADAS.
				MAYOR DE 2200 m.	LUTITAS, LUTITAS LIMOLITICAS Y LIMOLITAS DE COLOR GRIS A NEGRO (A MAYOR METAMORFISMO LA ROCA ES MAS OSCURA) DE LAMINAR A MASIVA, PRESENTA ESTRUCTURAS DE ASENTAMIENTO, INTERCALADAS CON ARENISCAS (ARCOSAS) DE CUARZO Y ESCASO FELDSPATO DE GRANO MUY FINO A MUY GRUESO PREDOMINANDO LAS DE GRANO FINO Y MEDIO DE SUBANGULOSO A SUBREDONDEADO, BIEN CLASIFICADO DE COLOR BLANCO Y BLANCO GRISACEO. ESTA UNIDAD PRESENTA UN ECHADO DE 10-15°
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR		?	GRANITO DE BIOTITA

Figura 2. Columna estratigráfica del área geotérmica Cerro Prieto.

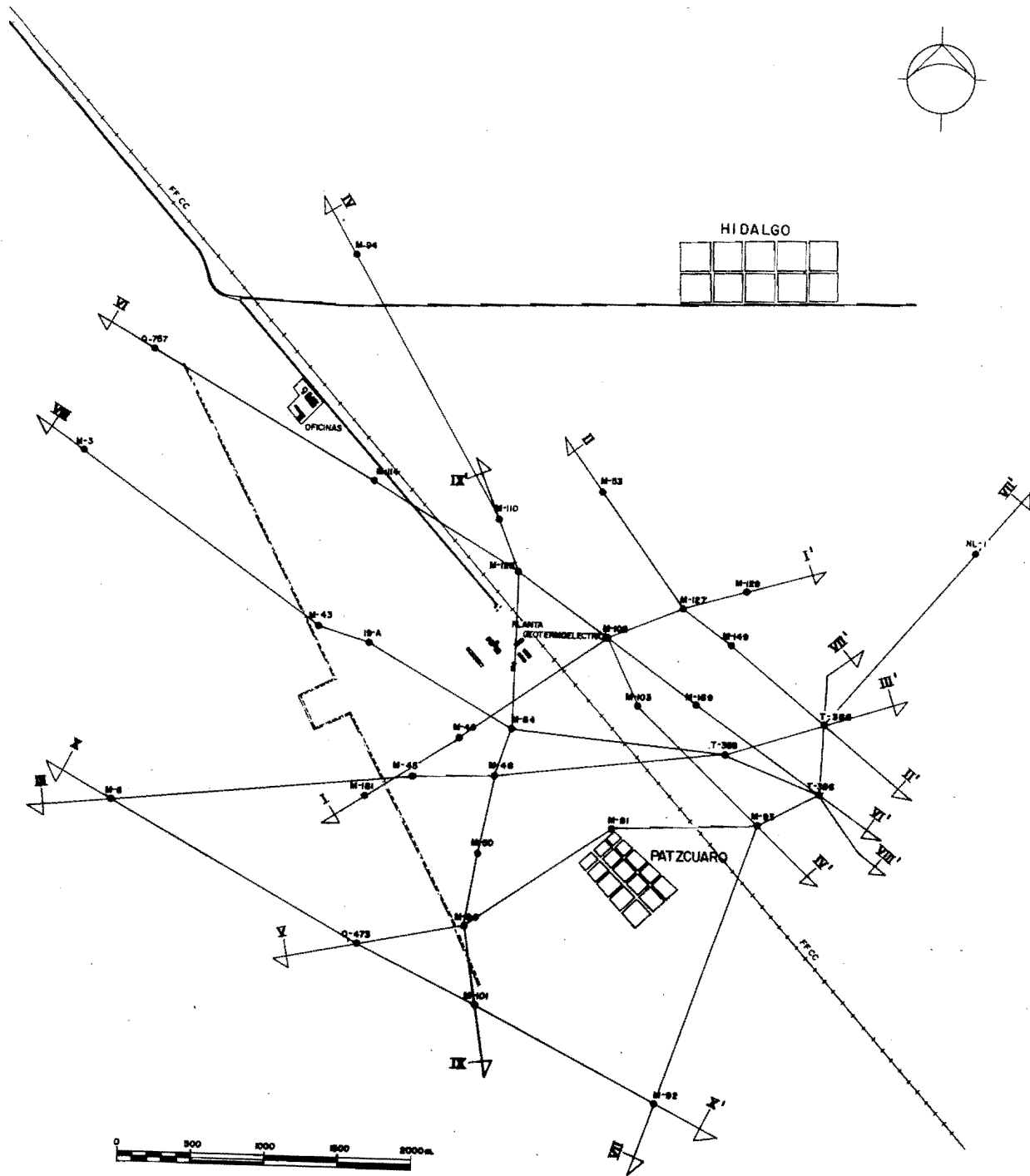


Figura 3.

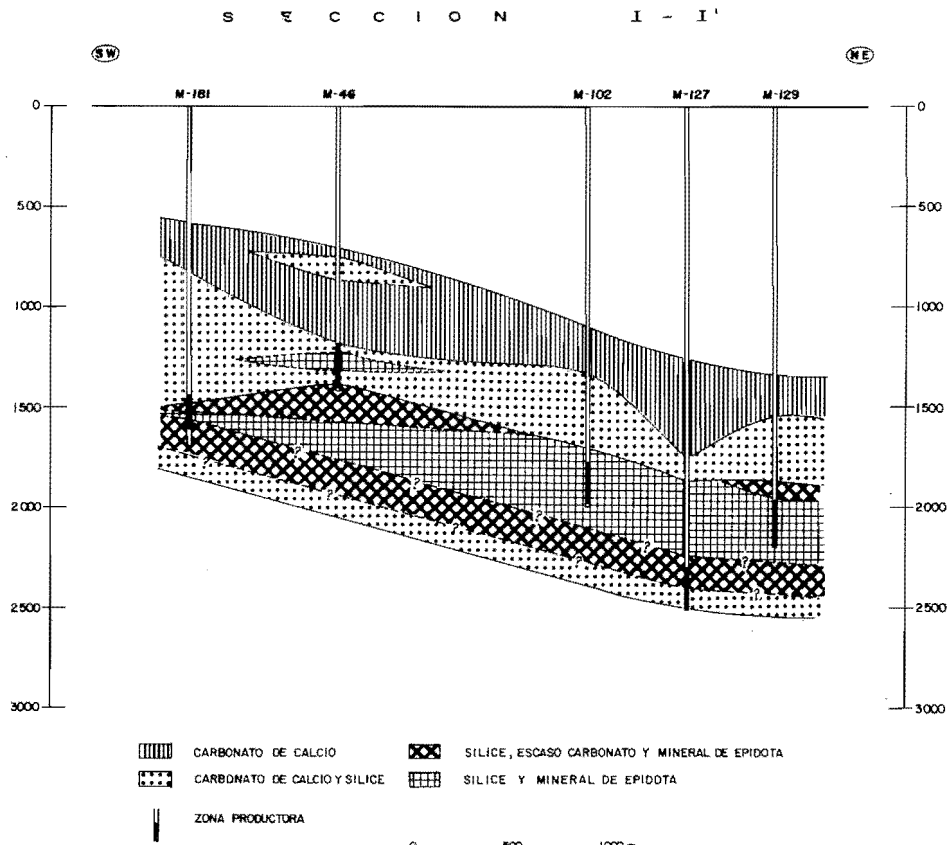


Figura 4.

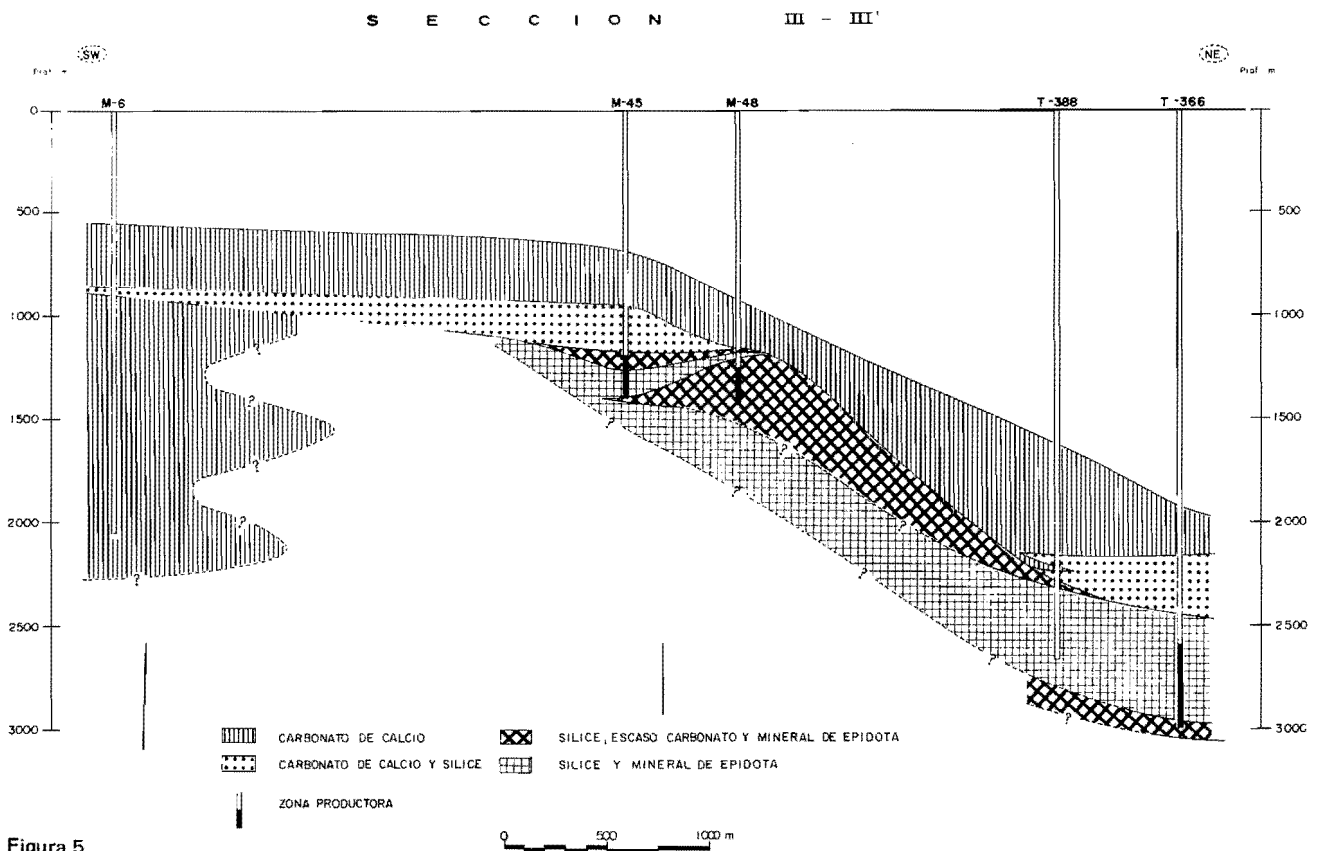


Figura 5.

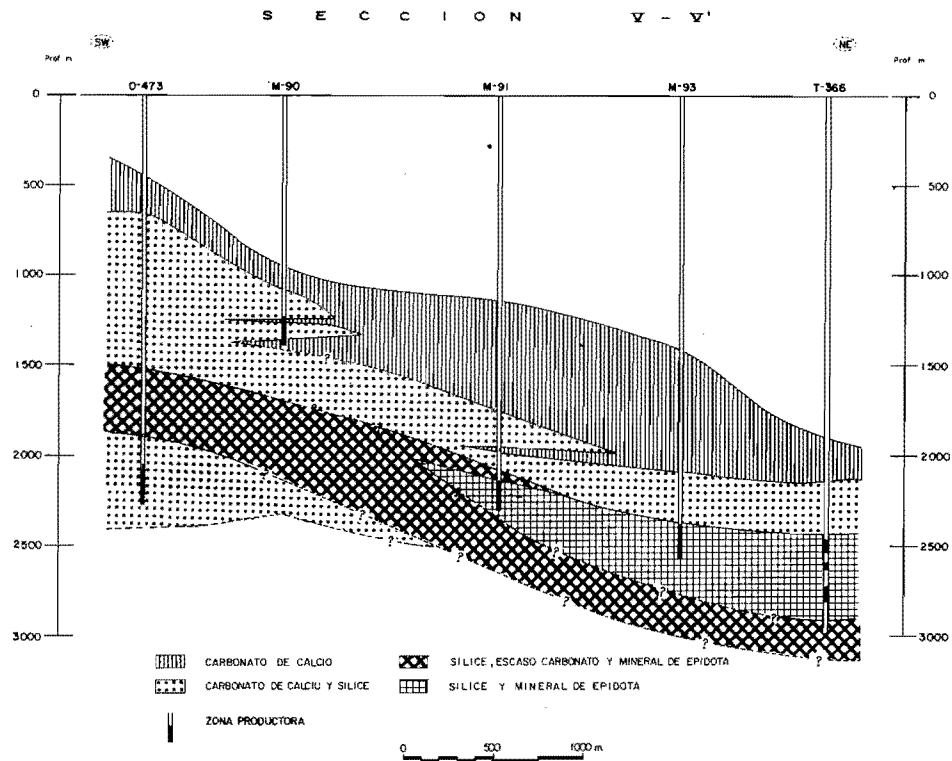


Figura 6.

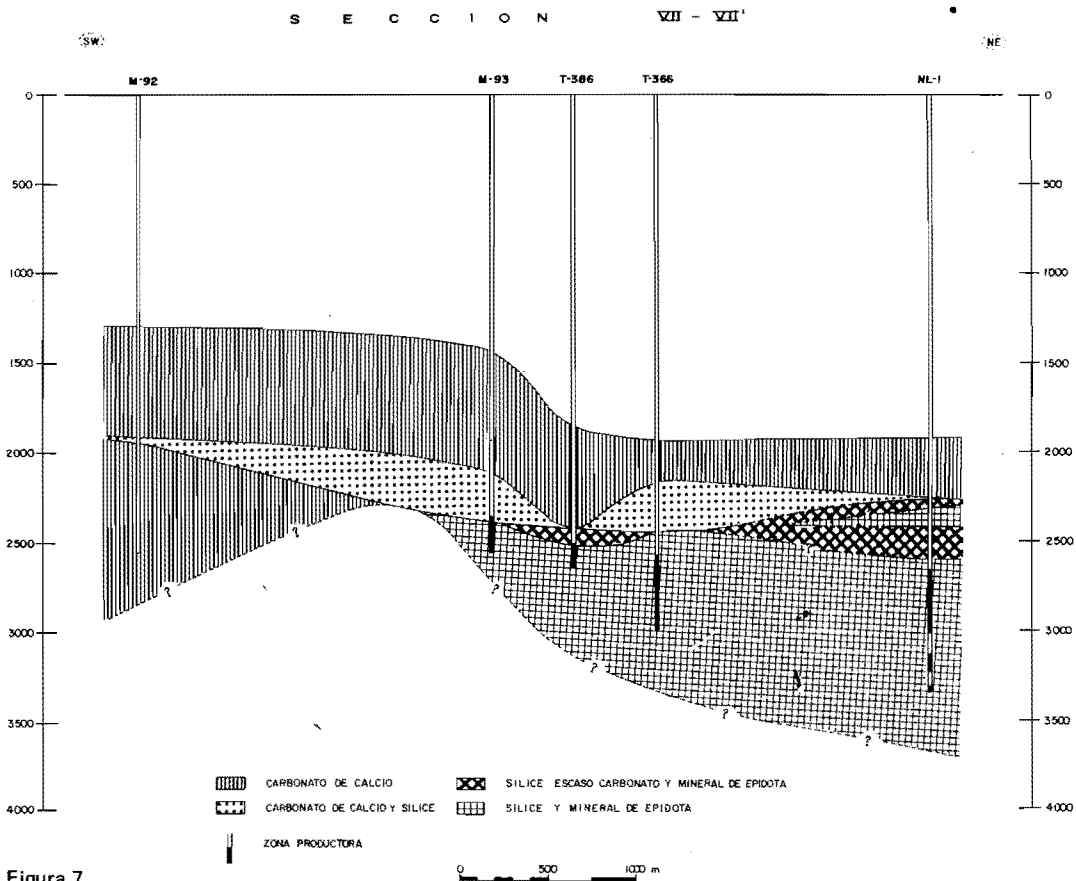


Figura 7.

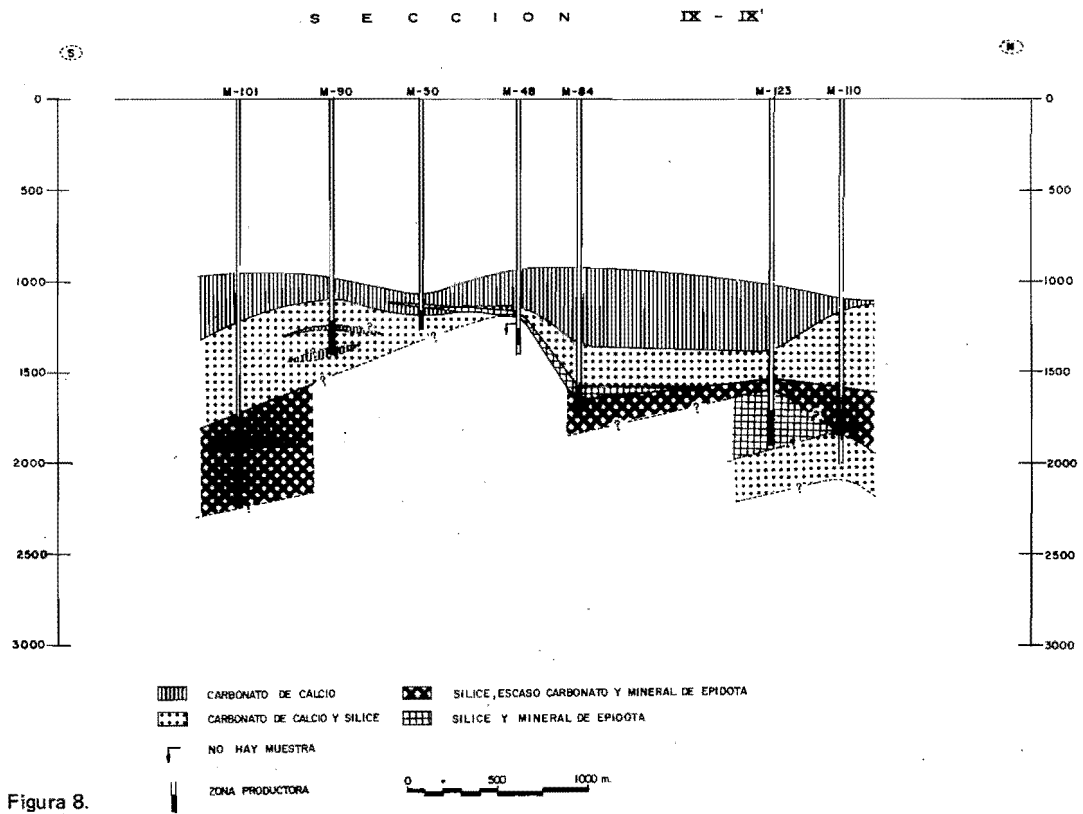


Figura 8.

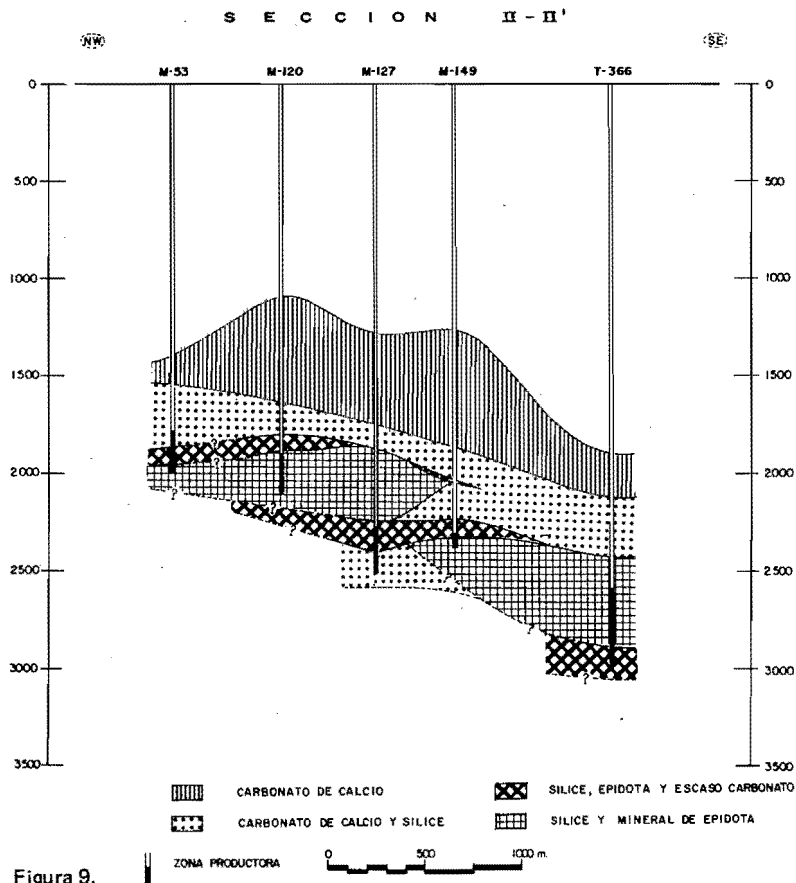


Figura 9.

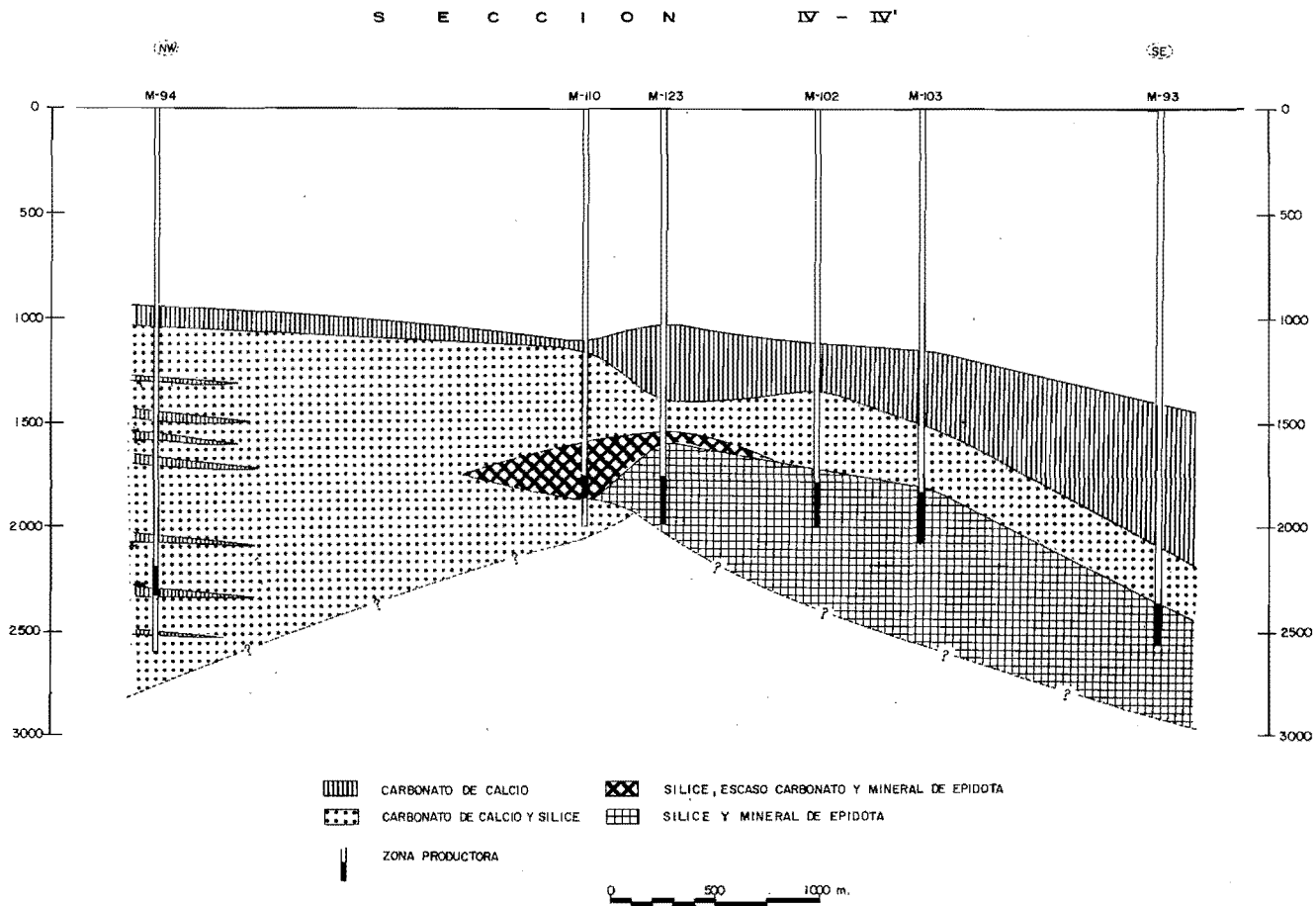


Figura 10.

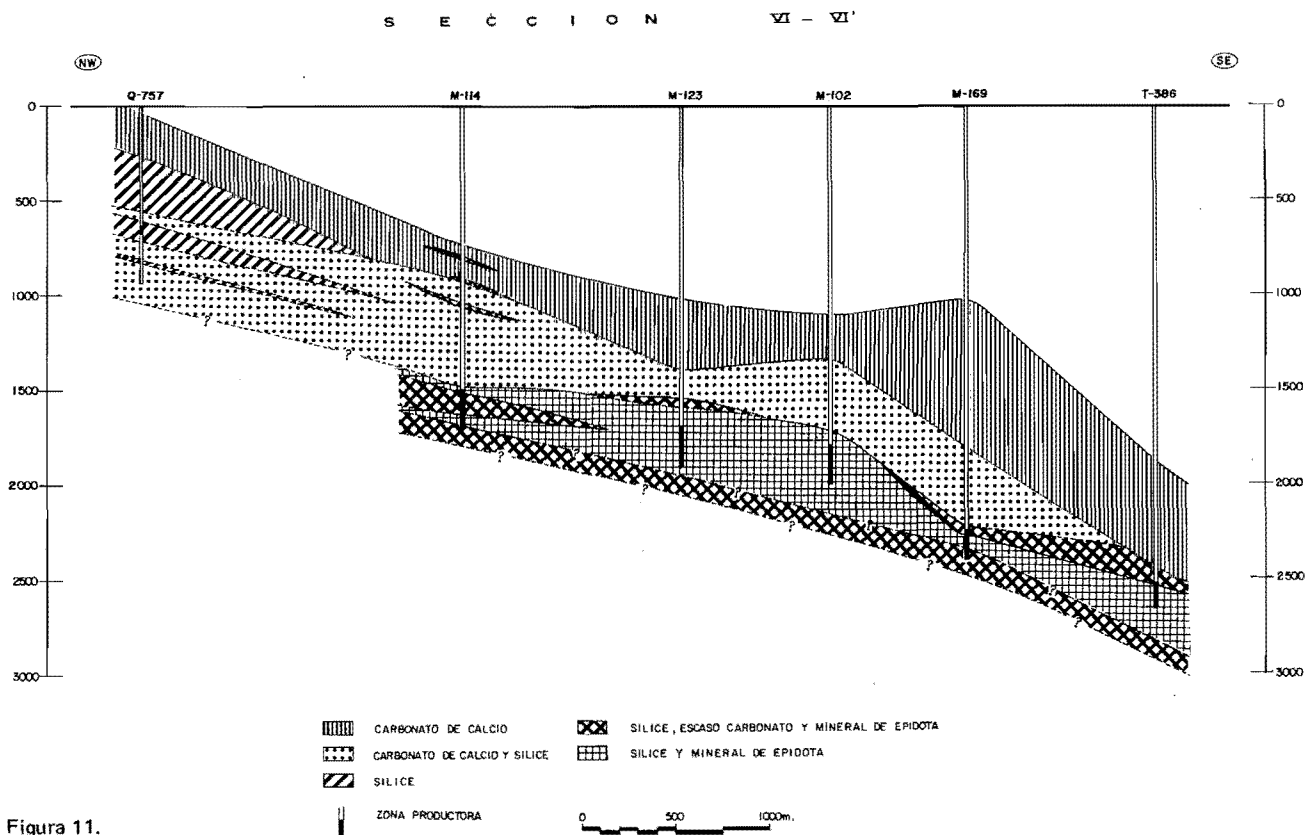
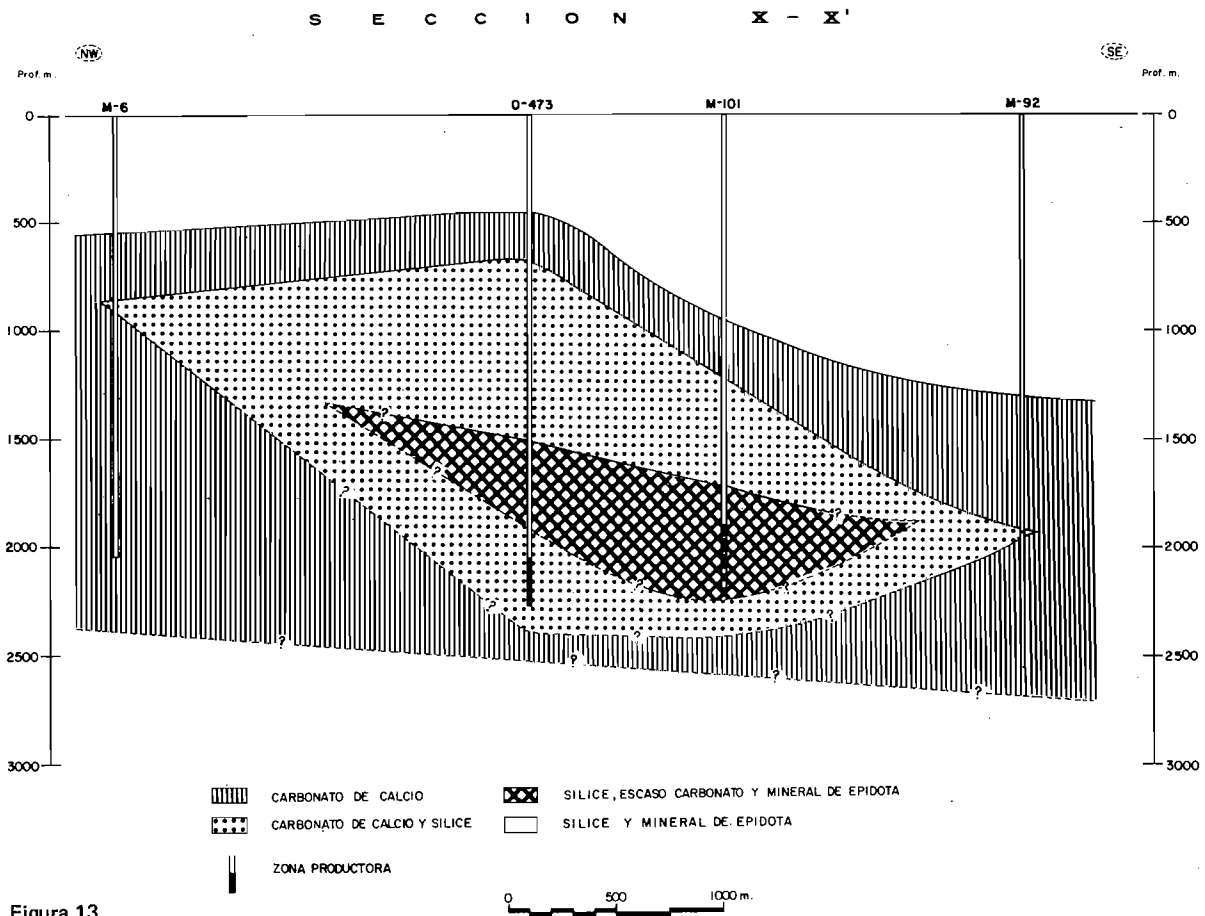
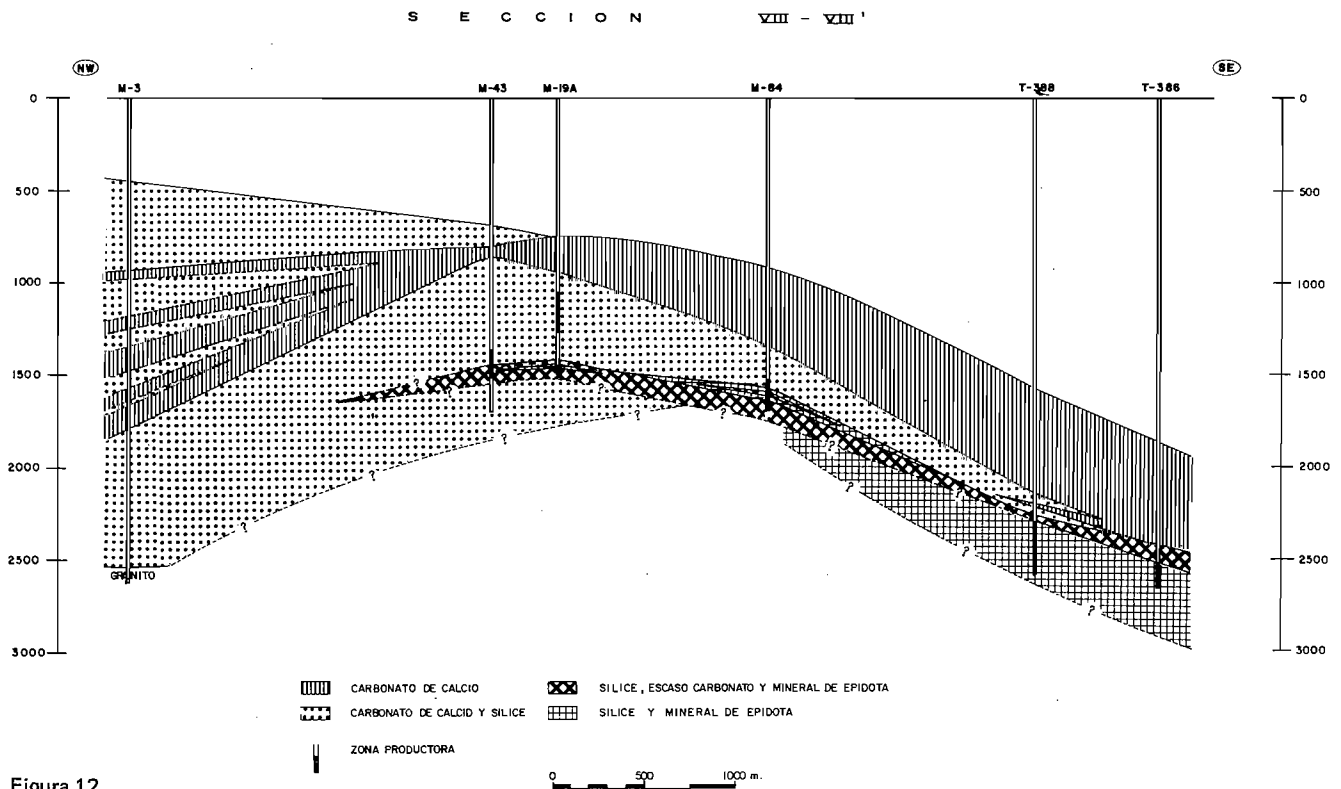


Figura 11.



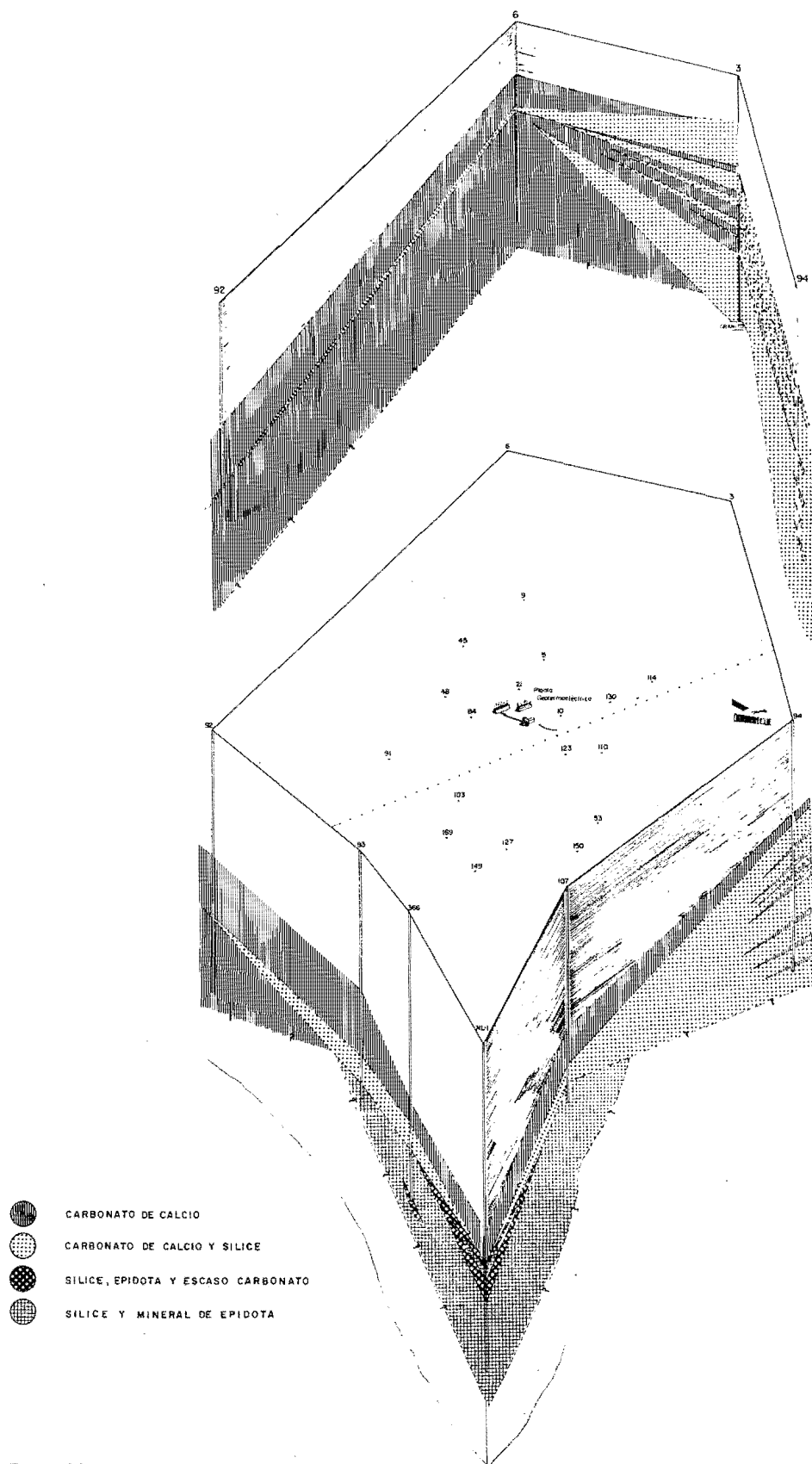


Figura 14.

TABLA 1.

	S E C C I O N E S									
ZONA DE CEMENTANTES Y MINERALES	I - I'	II - II'	III - III'	IV - IV'	V - V'	VI - VI'	VII - VII'	VIII - VIII'	IX - IX'	X - X'
<u>CARBONATO DE CALCIO</u> (TEMP. DE: 60 - 200°C)	100° a 250°C	150° a 200°C	90° a 160°C	100° a 150°C	100° a 200°C	100° a 150°C	60° a 200°C	100° a 180°C	70° a 160°C	60° a 150°C
<u>CARBONATO DE CALCIO Y SILICE</u> (TEMP. DE: 150 - 250°C)	200° a 250°C	200°C	160° a 200°C	150° a 200°C	200°C	150° a 250°C		150° a 180°C	90° a 200°C	150° a 200°C
<u>SILICE, ESCASO CARBO- NATO Y MINERAL DE EPIDOTA</u> (TEMP. DE: 150 - 250°C)	250°C		180° a 250°C					120° a 200°C	150° a 250°C	150° a 200°C
<u>SILICE Y MINERAL DE EPIDOTA</u> (TEMP. DE: 200 a Mayor 300°)	200° a Mayor de 300°C	200° a 250°C	200° a 260°C	200° a 300°C	Mayor de 250°C	200° a Mayor de 300°C	Mayor de 250°C	160° a 250°C	150° a 220°C	200° a 250°C

GEOLOGY AND MINERALOGY OF THE CERRO PRIETO GEOTHERMAL FIELD, B. C.

INTRODUCTION

The Cerro Prieto geothermal area is located in the flood plain of the Colorado River, part of the "Baja California Mountain Ranges" physiographic province which joins the "Sonora Desertic Zone" physiographic province at the Colorado River Delta (Figure 1).

GEOMORPHOLOGY

The area displays two principal geomorphological features. First, long northwest-southeast trending mountain ranges with irregular and steep slopes, made up of intrusive igneous rocks, part of a large batholith which is found almost along the entire Baja California Peninsula. Secondly, a wide gently sloping, in old-age stage, valley, dissected by the Colorado River in a northeast-southwest direction.

GEOLOGY

In the geothermal area and its surroundings there are outcrops of: 1) Cretaceous metamorphic rocks (gneiss, schists and marbles) probably resulting from the regional metamorphism caused by the intrusion of Upper Cretaceous igneous rocks, 2) Tertiary sedimentary rocks (shales and sandstones), 3) Pleistocene and Recent alluvial deposits, and 4) Quaternary volcanic rocks.

STRATIGRAPHY

Upper Cretaceous. In this area the Upper Cretaceous is represented by intrusive rocks, part of the large granitic batholith found along the Baja California Peninsula. This unit has been penetrated by wells M-3 (2579 m), M-96 (2718 m) and S-262 (1473 m). A microscopic study of the samples shows that it is a biotite granite.

Tertiary-There is an erosional unconformity between the Tertiary sedimentary rocks and the underlying granitic rocks, as shown by the sequences observed in wells M-3 and M-96.

This unit is made up of grey to black shales, silty shales and siltstones (darker colors indicate greater metamorphism), interstratified with white to greyish white, fine to coarse-grained, feldspar-poor quartz sandstones

(arkoses). The geothermal fluids are produced from this unit.

The top of the unit is formed by coffee-colored shales, silty shales and siltstones interstratified with cream-colored sandstones; occasionally a mudstone overlies these rocks.

Pleistocene and Recent-Alluvial deposits made up of clays, sands and few gravels.

Extrusive rocks-In this area andesitic rocks are observed at the Cerro Prieto volcano, which rises above sands and clays, and has one dome and one crater (Figure 2).

TECTONICS

In the Cerro Prieto area two fault systems exist: the Cerro Prieto system striking northwest-southeast, and the Volcano system which is perpendicular to the former. Both are part of the San Andreas fault system.

CEMENT AND MINERAL ZONES

Based on the lithologic columns of wells drilled in the geothermal field four different zones, characterized by the type of cement and hydrothermal minerals, can be identified in the consolidated minerals. These are, by increasing temperatures:

Calcium carbonate zone (Zcc)

Calcium carbonate and silica zone (Zccs)

Silica and scarce in carbonate and epidote zone, or transition zone (Zt)

Silica and epidote zone (Zse).

CALCIUM CARBONATE ZONE (ZCC)

The Zcc zone corresponds to the lowest temperatures, it is the first encountered. Sometimes it is interlayered with the Zccs zone, starting with mudstones interlayered with sandstones. Generally, it is where the first increases in drilling mud temperatures are observed. Its thickness varies between 50 m (M-110) and 1450 m (M-6); its temperature between 60° and 200°C.

CALCIUM CARBONATE AND SILICA ZONE (ZCCS)

Generally, the Zccs zone is below the Zcc and Zt zones. Its thickness varies between 0 m (T-386 and NL-1) and 1600 m (M-3 and M-94); its temperature between 150° and 250°C.

SILICA AND SCARSE IN CARBONATE AND EPIDOTE ZONE, OR TRANSITION ZONE (Zt)

The Zt zone is found below the Zccs zone, within or below the Zcc zone (M-114), sometimes above and below the Zse zone. Its thickness varies between 10 m (M-149) and greater than 480 m (M-101); its temperature is of the order of 250°C.

SILICATE AND EPIDOTE ZONE (Zse)

The Zse zone is below the Zt zone. Its thickness varies between 30 m (T-388, M-48) and 840 m (NL-1). This zone also is found below the Zccs zone, where its thickness varies then between 60 m (M-84) and 460 m (T-366) and its temperature between 200° and above 300°C.

CROSS SECTIONS SHOWING THE DISTRIBUTION OF CEMENT AND MINERAL ZONES

Based on the analysis of thin sections made from well cuttings and cores, a number of cross sections showing the distribution of cement and mineral zones were developed.

Five northwest-southeast, four northeast-southwest, and one north-south sections were prepared showing the different cement and mineral zones (Figure 3).

CROSS SECTION I-I' (FIGURE 4)

This southwest-northeast cross section includes wells M-181, M-46, M-102, M-127 and M-129.

The Zcc zone shows temperatures from 150° to 250°C in the southwestern part and from 100° to 175°C in the central and southeastern part of the section. The Zccs zone presents 200° to 250°C temperatures in the southwestern part; the Zt zone 250°C temperatures and the Zse zone temperatures from 200° to above 300°C.

CROSS SECTION III-III' (FIGURE 5)

This cross section includes wells M-6, M-45, M-48, T-388 and T-366. The lower temperature zones (Zcc and Zccs) are in the southwestern end of the section; the high temperature zones (Zt and Zse) in the central and northeastern parts.

CROSS SECTION V-V' (FIGURE 6)

This cross section includes wells O-473, M-90, M-91, M-93 and T-366. Well O-473 was drilled through a thin

Zcc zone and a thick Zccs zone in between which the Zt zone is enclosed. In the central part of the section the Zt zone is above the Zse zone, but this is reversed in the northeastern end of the section.

The Zcc zone is thicker in the central part of the section, showing temperatures between 100° and 200°C. It is thinner at the southwestern and northeastern ends of the section. Towards the northeast the temperature of this zone is 200°C.

The Zse zone is shown in the central and northeastern part of the section; its temperature is above 250°C.

CROSS SECTION VII-VII' (FIGURE 7)

This section traverses wells M-92, M-93, T-386, T-366 and NL-1. The lower temperature zones (Zcc and Zccs) are very thick in the southwestern part and are thinner towards the northeast. The highest temperature zone (Zse) is found in the central part of the section; its thickness increases towards the northeast.

Towards the southwest the Zcc zone shows temperatures between 60° and 100°C, in the central-southwestern part between 60° and 150°C (M-93), in the central-northeastern part between 150° and 200°C, and in the northeastern end of the section between 100° and 200°C. The Zse zone has temperatures above 250°C.

CROSS SECTION IX-IX' (FIGURE 8)

This south-north section crosses the central part of the field, and includes wells M-101, M-90, M-50, M-48, M-84, M-123 and M-110.

The highest temperature zone (Zse) is relatively thick only in well M-123, in wells M-48 and M-84 this zone is substantially thinner.

This cross section shows the northern limit of the Zse zone.

CROSS SECTION II-II' (FIGURE 9)

This section includes wells M-53, M-120, M-127, M-149 and T-366.

The upper part of the section shows the Zcc zone with temperatures between 150° and 200°C, below there are the Zccs (about 200°C), Zt and Zse zones. The highest temperature zone (Zse) presents temperatures from 200° to above 250°C, it is found in wells M-120, M-127, M-149 and T-366. This zone is thickest in well T-366.

CROSS SECTION IV-VI (FIGURE 10)

This section includes wells M-94, M-110, M-123, M-102, M-103 and M-93.

In Figure 10 the different zones are clearly defined towards the southeast. The northwestern end of the section (well M-94) shows the Zcc and Zccs zones. The latter one is thicker and registers temperatures between 150° and 200°C. In the central and southeastern parts the Zcc zone shows temperatures between 100° and 150°C. Below it are the Zccs and Zse zones. The Zse zone shows temperatures between 200° and 300°C. Wells M-123, M-102, M-103 and M-93 have been completed in this zone.

CROSS SECTION VI-VI' (FIGURE 11)

This section traverses wells Q-757, M-114, M-123, M-102, M-169 and T-386.

In the northwestern part of this section (well Q-757) the *calcium carbonate*, *silica*, and *calcium carbonate* and *silica* zones are present.

Well M-114 was drilled through the Zcc, Zccs, Zt and Zse zones.

From well M-123 to well M-169 the Zcc zone shows temperatures between 100° and 150°C, below it the Zccs zone is found exhibiting temperatures from 150° to 250°C; in well M-123 Zccs is above Zse. In well M-169 the Zt zone is above and below the Zse zone.

The Zse zone shows temperatures from 200° to above 300°C. In the upper part of well T-386 the Zcc zone is found, and below it the Zt and Zse zones.

CROSS SECTION VIII-VIII' (FIGURE 12)

Wells M-3, M-43, M-19A, M-84, T-388 and T-386 are shown in this section. The lower temperature zones are found towards the northwest; the higher temperature zones (Zt and Zse) towards the central and especially southeastern parts of the section.

CROSS SECTION X-X' (FIGURE 13)

This cross section is located in the southwestern part of the field and passes through wells M-6, O-473, M-101 and M-92.

In well M-6 the Zcc zone encloses a thin Zccs zone; its temperature varies between 100° and 150°C. Well M-92 located in the southeastern end of the section, exhibits the same zones as well M-6 but at greater depths. In the central part of the section, wells O-473 and M-101 penetrated the Zcc, Zccs and Zt zones.

In the central-northwestern part, well O-473 was drilled through the Zcc zone and shows the Zccs zone, with temperatures between 100° and 150°C, enclosing the Zt zone which has a temperature of 150°C. Well M-101 in the central-southeastern part of the section penetrated the Zcc and Zccs zones. The Zccs zone shows temperatures between 150° and 200°C; below it the Zt zone presents temperatures between 200° and 250°C.

The highest temperatures were found in wells O-473 and M-101, they diminished towards wells M-6 and M-92.

The data from these sections are summarized in Table 1.

Based on part of the cross sections described above, an isometric projection block was constructed (Figure 14). In it the distribution of the different cement and mineral zones can be observed.

The lower temperature zones are thicker in the southwestern and northwestern parts of the geothermal field. Their thickness diminish towards the center of the field and towards the east where the higher temperature zones (Zt and Zse) are thicker and better defined.

The Zse zone is well represented in the eastern part of the field, in wells M-93, M-91, M-84, M-123, M-107 and NL-1.

FIGURE CAPTIONS

Figure 2. Stratigraphic column of the Cerro Prieto geothermal area.