

# Áreas para exploración en los alrededores del campo geotérmico de Cerro Prieto, BC

*Álvaro Aguilar Dumas*

Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Residencia General de Cerro Prieto, Mexicali, BC, México. Correo: [alvaro.aguilar@cfe.gob.mx](mailto:alvaro.aguilar@cfe.gob.mx)

---

## Resumen

Cuando se trata de la explotación de recursos naturales del subsuelo, sea agua, gas, petróleo o minerales, la exploración juega un papel muy importante, ya que permite conocer las condiciones del yacimiento que pudieran llevar a incrementar las reservas de los recursos explotados y extender su vida útil. En las zonas aledañas al campo geotérmico de Cerro Prieto, BC, y en general en el Valle de Mexicali, la exploración estaba prácticamente detenida habiéndose reactivado a raíz de que la Subgerencia de Estudios de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE envió personal para realizar mapeos estructurales en las porciones norte y oriente de la Laguna Salada. Este trabajo presenta un panorama general de las áreas prioritarias para realizar estudios exploratorios y poder programar, con más bases, pozos exploratorios enfocados a localizar más recursos geotérmicos, inclusive para generar energía por medio de plantas de ciclo binario, así como pozos inyectores en el oeste de la zona de producción actual, todo ello con el fin de incrementar la vida productiva del campo geotérmico.

*Palabras Clave:* Cerro Prieto, exploración, inyección, Laguna Salada, Tulecheck.

## Areas to explore surrounding the Cerro Prieto geothermal field, BC

### Abstract

Exploration plays an important role in tapping underground natural resources—whether water, oil, natural gas or minerals. Exploratory data allow us to learn reservoir conditions, increasing probable reserves and reservoir life span. Around the Cerro Prieto geothermal field, BC, and in the Mexicali Valley in general, exploration had almost stopped but recently was resumed by the Studies Division of CFE's Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. The division sent technical personnel to structurally map the northern and eastern portions of Laguna Salada. The paper offers a general outline of the main zones undergoing exploratory studies—studies perhaps culminating in siting exploratory wells to locate more geothermal resources (and ultimately producing them using binary power plants). CFE also wants to site injection wells west of the current production zone, and this is covered, as well. All activities are meant to increase the productive lifespan of the geothermal reservoir.

*Keywords:* Cerro Prieto, exploration, injection, Laguna Salada, Tulecheck.

---

### 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es proponer áreas nuevas donde se puedan programar trabajos de mayor detalle para localizar recursos geotérmicos en el mediano plazo, ubicadas en la parte oeste del Campo Geotérmico de Cerro Prieto (CGCP), donde existen evidencias como la zona de Tulecheck, que presenta manifestaciones termales con temperaturas medidas en superficie entre 53 y 93° C y el geotermómetro de Na-K-Ca indica

temperaturas de 159 a 230° C. Esto indica la posibilidad de un yacimiento propicio para generar energía por medio de ciclo binario, tal como se hace en el campo geotérmico de Heber, en el vecino estado de California, EUA, donde se produce electricidad con fluidos de 165-182° C. También hay manifestaciones termales en la parte oriente de la Sierra Cucapá, que en superficie reportan temperaturas de 102° C, así como zonas de fracturamiento en el basamento cercanas al CGCP. Estas se puedan usar para disponer el agua residual a través de la inyección, ya sea en la parte oriente de la Sierra Cucapá o en la porción suroeste del horst Cerro Prieto, localizado en el subsuelo de la Laguna de Evaporación, pero de manera más conveniente en la cuenca oeste. Todo ello redundará en la extensión de la vida productiva del CGCP.

El CGCP tiene un yacimiento geotérmico de líquido dominante, alojado en un ambiente sedimentario. Está ubicado en una cuenca transtensional, o tipo *pull-apart*, formada por los sistemas de fallas Cerro Prieto e Imperial, los cuales forman parte del sistema de San Andrés.

El CGCP empezó operaciones comerciales en 1973. A partir de esa fecha se ha extraído vapor geotérmico que se distribuye a las diferentes centrales generadoras. Actualmente se tiene una capacidad instalada de 720 MW y se extraen aproximadamente 5800 toneladas por hora (t/h) de vapor para cumplir las demandas de producción. Existen actualmente un total de 353 pozos perforados en el CGCP, de los cuales 172 se encuentran integrados a los procesos productivos.

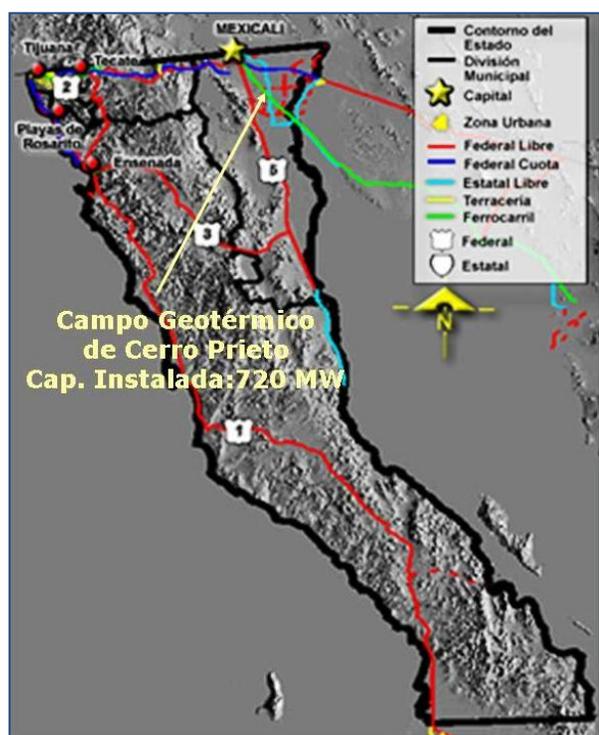


Fig. 1. Localización del campo de Cerro Prieto

El CGCP se encuentra en Baja California, 30 km al sureste de la ciudad de Mexicali, entre los meridianos 115° 12' y 115° 18' longitud oeste y los paralelos 32° 22' y 32° 26' de latitud norte (Fig. 1).

## 2. Geología

La zona geotérmica del Valle de Mexicali, se localiza dentro de la cuenca de Salton, que abarca desde Salton Sea en la porción sur del estado de California, Estados Unidos, hasta el Golfo de California y forma parte del sistema tectónico de San Andrés, formado por fallas transcurrentes con desplazamientos normales de dirección general NO-SE. Las fallas más importantes reconocidas en la zona del CGCP son la Cucapá, Cerro Prieto, Michoacán e Imperial (Aguilar, 2006).

### 2.1. Geología Regional

El CGCP está localizado en la planicie deltaica del Río Colorado, la cual forma parte de la depresión estructural conocida como depresión de Salton. A nivel regional el área corresponde a una gran cuenca de origen tectónico rellena de sedimentos continentales y marinos terciarios-cuaternarios, que sobreyacen a un basamento constituido por rocas graníticas. El límite occidental de la cuenca lo forma la Sierra Cucapá, compuesta por rocas ígneas intrusivas.

La estructura volcánica de Cerro Prieto consta de dos centros eruptivos superpuestos y es el origen de los afloramientos de rocas volcánicas de composición andesítica y riódacítica (Vázquez, 1998).

La distribución de los sedimentos en los valles de Mexicali e Imperial se ha visto afectada por el movimiento hacia el NO de la Península de Baja California, a lo largo del sistema de fallas de San Andrés, desde hace aproximadamente 4 millones de años. Se ha estimado una velocidad de desplazamiento de 36 mm al año a lo largo de la Falla San Andrés, que junto con el desplazamiento al norte de la península a través de las fallas Imperial, Elsinore, Laguna Salada, Cerro Prieto, etc., sugiere un desplazamiento de rumbo N-NO del orden de 300 km de la península con respecto al continente. El efecto de este movimiento en la desembocadura del Río Colorado durante el Cuaternario es el alargamiento de las cuencas de Salton y de Cerro Prieto en cuencas tipo *pull-apart*, elongadas en dirección NO, donde se encuentra la fuente de calor para los reservorios geotérmicos (Lira, 2005).

## 2.2. Geología Local

Se describen las diferentes unidades litológicas de la más antigua a la más reciente.

Rocas Batolíticas del Cretácico (Edad aproximada: 120 ma): Los principales ejemplos de este tipo de rocas cercanas al CGCP forman gran parte de la Sierra Cucapá y de la Sierra El Mayor y son de composición granítica a tonalítica.

Rocas Sedimentarias del Terciario (Edad de 13.5 a 1.8 ma): Compuestas por una secuencia de lutita gris a negro intercalada con areniscas de cuarzo de grano fino a medio, donde se aloja el yacimiento geotérmico. La cima de esta unidad la constituyen lutitas de color café y lodolitas.

Depósitos Aluviales del Pleistoceno y Reciente (Edad de 1.8 ma a 100,000 años): En el CGCP se les conoce con Sedimentos Clásticos No Consolidados (SCNC) y están conformados por secuencias de arenas, gravas y arcilla plástica color café. Su espesor es de 500 a 2300 metros, siendo en el este del CGCP donde presenta su mayor profundidad.

Rocas Ígneas Extrusivas del Cuaternario: Están presentes en el volcán Cerro Prieto, siendo de composición andesítica a riódacítica.

## 2.3. Geología Estructural

Localmente hay tres importantes fallas reconocidas en la zona: Cerro Prieto, Michoacán y Sistema de Fallas H (Fig. 2).

En el CGCP la falla Cerro Prieto (FCP) es de rumbo NE-SO, con echado al SO de 75°-80°. Es una estructura que pertenece al sistema de fallas Cerro Prieto, el cual es un sistema del tipo dextral que se extiende desde el centro de dispersión de Cerro Prieto hasta la Cuenca de Wagner. El trazo de la falla es visible únicamente en su sector sur; la parte norte ha sido determinada por mecanismos focales y métodos geofísicos. Recientemente, apoyados con localización de hipocentros de movimientos sísmicos, se determinó que la FCP se extiende 34 km adicionales al noroeste desde su último afloramiento reconocido, aproximadamente a 32°42' de latitud N (Magistrale, 2002). Es la estructura que marca la frontera entre las Placas Norteamérica y Pacífico en el Valle de Mexicali. Su desplazamiento promedio es mayor a 50 mm al año (Cruz-Castillo, 2002).

El Sistema de Fallas H, de rumbo NE-SO y echado al SE de 45° a 65°, es producto de los esfuerzos de tipo dextral entre la Falla Imperial y el sistema de fallas Cerro Prieto.

La Falla Michoacán pertenece al mismo sistema de fallas Cerro Prieto, tiene rumbo NO-SE con echado variable al SE. Esta estructura y la falla Cerro Prieto forman un horst o bloque levantado que se acuña al sur, donde se aloja el sector conocido como Cerro Prieto I (CP-I, ver Figura 2).

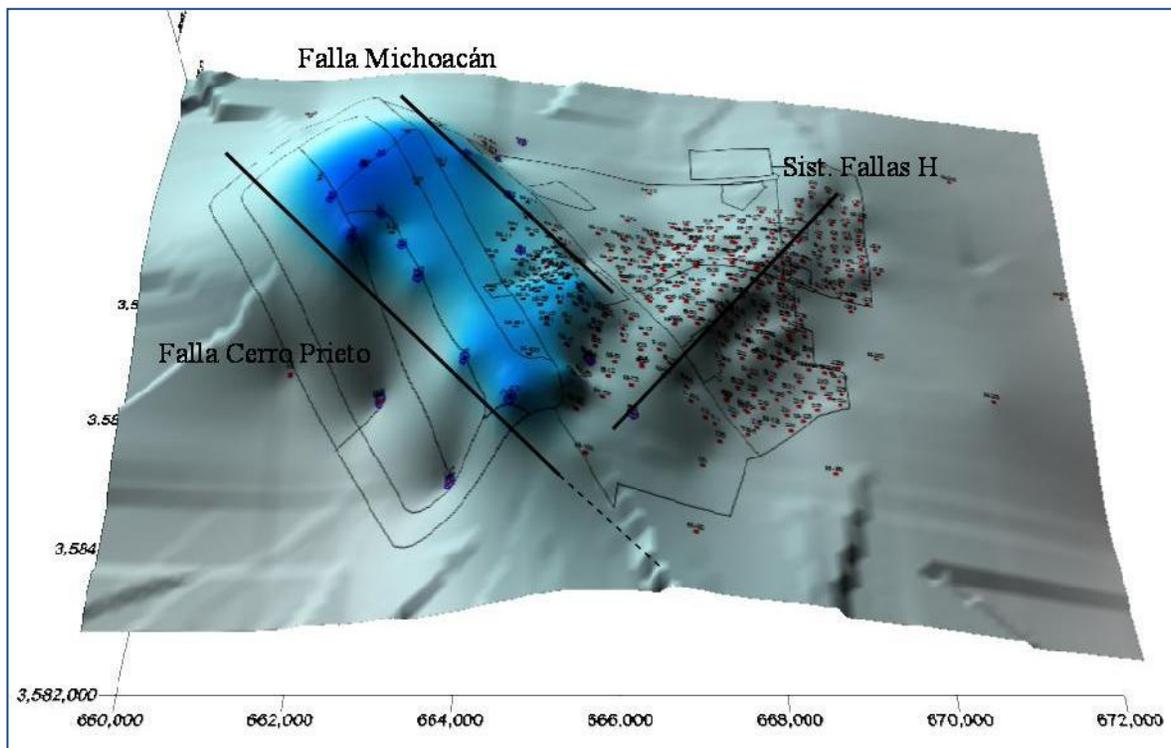


Fig. 2.  
Modelo  
estructural del  
CGCP

La cuenca tectónica donde se encuentra el yacimiento está limitada al este por la Falla Imperial y al oeste por la Falla Michoacán. Esto indica cuatro bloques estructurales claramente definidos:

- El bloque alto central (AC) donde se encuentra el sector de CP-I y la cima de la unidad de Lutita Gris se encuentra entre 400 y 700 metros bajo el nivel del terreno (mbnt).
- El bloque bajo central (BC) donde se encuentran los sectores CP-II y CP-III, con la cima de la Lutita Gris entre 1000 y 1500 mbnt.
- El bloque bajo este (BE) en el que se ubica el sector de CP-IV, con la cima de Lutita Gris entre 1800 y 2400 mbnt.
- Y el bloque caído al oeste (BO), donde la cima de Lutita Gris se conoce a más de 2000 mbnt, según lo indicado por el pozo I-15.

### 3. Áreas de interés geotérmico

Debido a la prolongada extracción de vapor, las áreas más productivas se han venido reduciendo a lo largo del tiempo. Por ello es necesario encontrar áreas nuevas, cercanas al campo, donde a mediano plazo se puedan ubicar recursos geotérmicos que reemplacen a las áreas que han perdido presión y temperatura en la zona actual de producción. Esto incluye también recursos de baja temperatura, de 220 a 230° C, que puedan explotarse con plantas de ciclo binario ya que en un futuro próximo es previsible que la parte occidental del CGCP (es decir, el sector de CP-I) sólo podrá explotarse con este tipo de plantas pues sus fluidos serán baja entalpía.

#### 3.1. Área de Tulecheck

El área Tulecheck (Fig. 3) presenta manifestaciones termales con temperaturas medidas en superficie entre 53 y 93° C. El geotermómetro de Na-K-Ca indica temperaturas de 159 a 230° C. En 1958 se realizó un estudio sobre las manifestaciones hidrotermales, que se llamaron Dren Tulecheck y Dren Huisteria, registrándose temperaturas de 60-76° C y de 88-103° C, respectivamente.



Fig. 3. Ubicación de las áreas de Tulecheck y Cucapá

que se puede generar energía con plantas de ciclo binario, ya que algunos autores consideran que podría encontrarse un yacimiento geotérmico más grande que el conocido en Heber, California (Elders *et al.*, 1993).

### 3.2. Laguna Salada

En 1907 se reportó una gran manifestación de 53° C en la orilla oriental de la Laguna Salada. Su análisis químico indicó 2500 ppm de sólidos totales disueltos (STD) y un alto contenido en cloruros de sodio con cantidades apreciables de sulfato de calcio. En 1983 la CFE empezó la exploración en esta zona y en 1991 se perforaron 2000 metros, distribuidos en 42 pozos someros con una profundidad promedio de 47 m, para medir el gradiente térmico. Finalmente, en 1994 la CFE perforó tres pozos exploratorios profundos, ninguno de los cuales presentó resultados favorables.

En noviembre de 2006 personal de CFE llevó a cabo un mapeo estructural en la parte noreste de la Laguna Salada, sobre la Falla Laguna Salada, con el fin de localizar zonas de fracturamiento que se pudieran proyectar a profundidad.

### 3.3. Lado este de la Sierra Cucapá

A 8 km al S 43° W del volcán Cerro Prieto (Fig. 3), se localiza una manifestación termal en la parte oriental de la Sierra Cucapá (SC) que consiste únicamente en vapor con una temperatura de 102° C (Calderón, 1958). Esto permite asumir que la Falla Cucapá es conductora de fluidos en esta parte de la sierra.

Los trabajos realizados en esta área se enfocaron a coleccionar una muestra del condensado de vapor, la cual se analizó reportando un pH de 1, un total de 31,150 ppm de STD, y un contenido de HCO<sub>3</sub> de 0.643 ppm. El vapor se descarga a través de una protuberancia de 2.80 m de altura, formada por el material de acarreo que ha pasado por los orificios que forman dicha manifestación. Se encuentra en los depósitos aluviales de la Sierra Cucapá.

Con base en estudios geofísicos, en 1978 la CFE perforó 12 pozos someros, a profundidad media de 102 m, y otro denominado BT-26 con una profundidad de 800 m, con lo que se exploró un área aproximada de 36 km<sup>2</sup>. En 1982 se perforaron otros cinco pozos con profundidades entre 962 y 1624 m. El más profundo, denominado TC-2, alcanzó el basamento granítico a 1540 m de profundidad y registró temperaturas de fondo de 92° C. El pozo más caliente, BT-30, terminado en sedimentos a 1260 m, registró temperaturas de 165° C.

Actualmente esta zona se considera propicia para localizar recursos geotérmicos con los

#### 4. Estudios geofísicos

Se han realizado estudios geofísicos en el Valle de Mexicali desde 1962 (Velazco, 1963). Después de haber utilizado diferentes técnicas geofísicas, se ha determinado que los métodos geofísicos más prácticos en la exploración de esta región son la sismología de reflexión y refracción, la gravimetría y la magnetometría (Ramírez, 1994).

Mediante la gravimetría, estudios realizados en el Valle Imperial demostraron que las anomalías de Bouguer, además de sugerir la forma y tendencia regional del espesor sedimentario y estructuras principales, en algunos casos sus máximos presentan una estrecha relación con zonas de altas temperaturas. Esta interpretación, en combinación con estudios de magnetometría y resistividad, dio como resultado el descubrimiento de ocho regiones geotérmicas denominadas Salton Sea, Heber, East Mesa, North Brawley, East Brawley, Glamis, Dunnes y Border, ubicadas cada una en un máximo gravimétrico, pese a que únicamente la zona de Salton Sea tenía evidencias de termalismo superficial (Fig. 4).

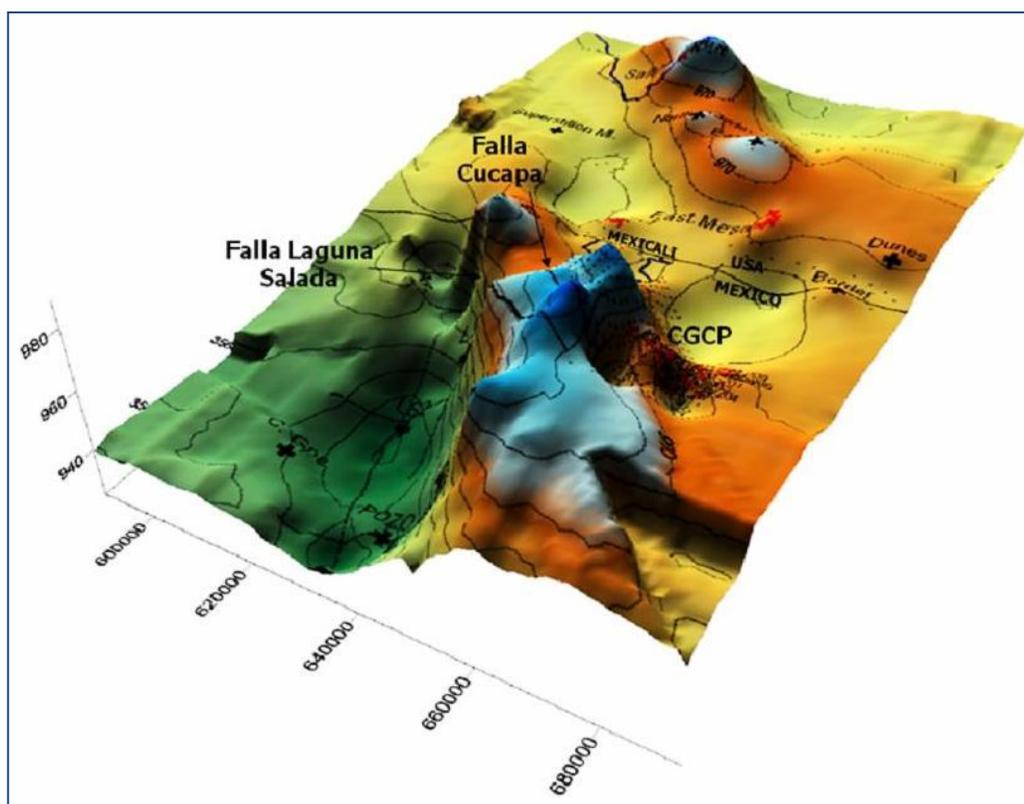


Fig. 4. Plano de anomalías de Bouguer en Imperial Valley, el CGCP y Laguna Salada

El CGCP también se encuentra en un máximo gravimétrico. El máximo que se aprecia al oeste del Ejido Michoacán, al sureste del área de Tulecheck, puede significar un importante recurso potencial (Fig. 5).

#### 5. Conclusiones

Existe un máximo gravimétrico en el plano de anomalías de Bouguer al oeste-noroeste del CGCP (Sierra Cucapá y Tulecheck), con buenas posibilidades de contener recursos geotérmicos, que pueden ser de temperaturas medias, como en el caso de Heber o East Mesa. En el vecino estado de California, EUA, los altos gravimétricos generalmente coinciden con campos o proyectos geotérmicos, como en los casos mencionados antes (Fig. 4).

Sierra Cucapá. El máximo gravimétrico localizado al oeste del CGCP, asociado a la Falla Cucapá y sobre el lado oriente de la sierra, está prácticamente sin explorar. Es recomendable programar un pozo exploratorio para comprobar la anomalía gravimétrica (Fig. 5).

Tulecheck. El máximo gravimétrico localizado al oeste del Ejido Michoacán está parcialmente explorado, sobre todo en su porción noroeste en lo que se conoce como área de Tulecheck (Fig. 5). Sin embargo, ningún pozo de los que se perforaron en el pasado se localizó en el máximo gravimétrico (Fig. 3), lo que abre aún más la posibilidad de encontrar recursos geotérmicos. Se recomienda programar al menos dos pozos exploratorios para comprobar dichas anomalías.

Laguna Salada. De acuerdo con los resultados obtenidos en el pasado, ésta no es un área prioritaria para exploración geotérmica.

Por otro lado, es recomendable que los estudios estructurales se apoyen en resultados de geoquímica, geofísica y otros estudios, con el fin de darles más sustento a sus conclusiones.

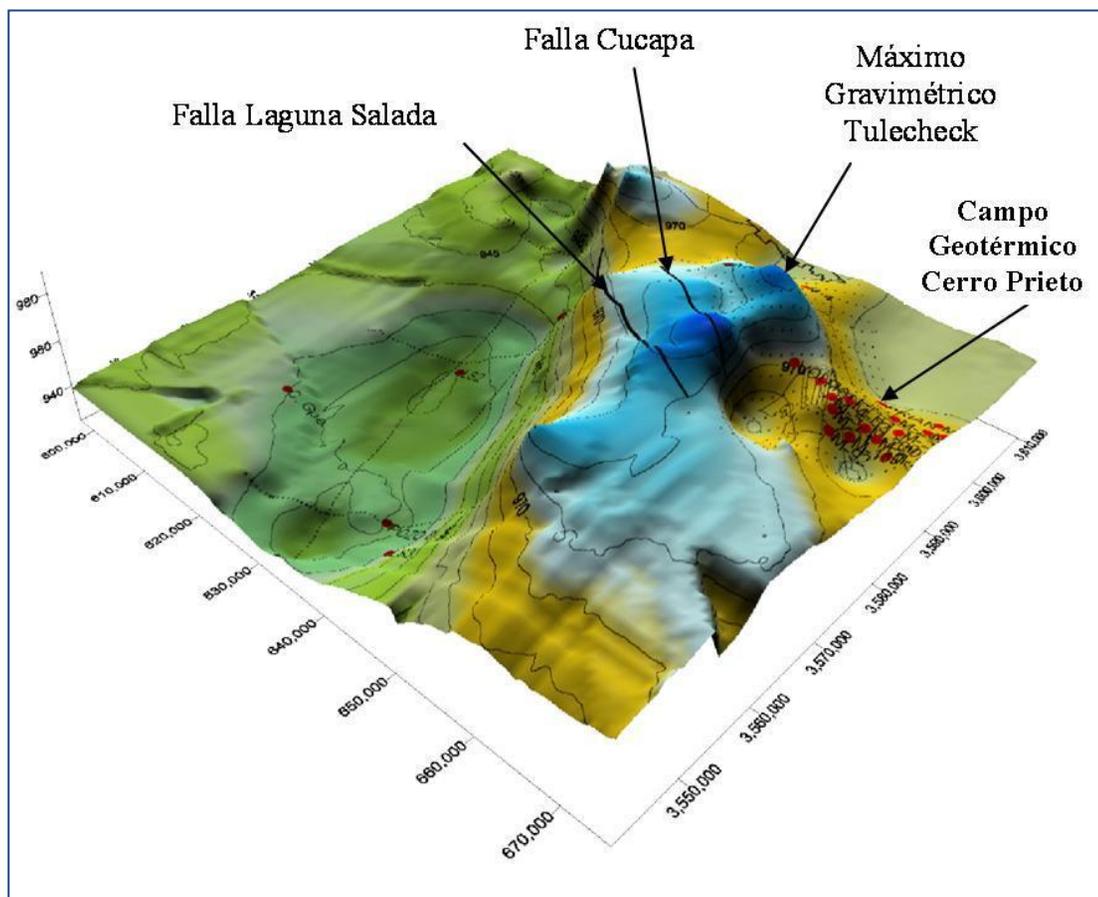


Fig. 5. Plano de anomalías de Bouguer en Cerro Prieto, Laguna Salada y Tulecheck

## Referencias

Aguilar, A., 2006. Update of the Cerro Prieto Geological Model. *Geothermal Resources Council, Transactions*, Volume 30, p. 3-7.

- Calderón G., A., 1958. Estudio Preliminar Geológico del Área al Sur y Sureste de Mexicali, B.C., para aprovechar los Recursos Geotérmicos. GEOCA (Geólogos Consultores Asociados). Inédito.
- Cruz-Castillo, M., 2002. Catálogo de las fallas regionales activas en el norte de Baja California, México. *Boletín GEOS*, Unión Geofísica Mexicana-Instituto Mexicano del Petróleo, p. 37-42.
- Elders, W.A., M. Campbell and C. Carreón, 1993. Direct Use Potential of the Tulecheck Geothermal Area, B.C., México. Informe del Convenio de Investigación UABC-UCR, Riverside, CA. Inédito.
- Lira H., Héctor, 2005. Actualización del modelo geológico conceptual del Campo Geotérmico de Cerro Prieto, BC. *Geotermia*, Vol. 18, No. 1, pp. 37-46.
- Magistrale, H., 2002. The Relation of the Southern San Jacinto Fault Zone to the Imperial and Cerro Prieto Faults. In Barth, A., ed., *Contributions to Crustal Evolution of the Southwestern United States*. Geological Society of America Special Paper 365, p. 271-278.
- Ramírez, J., 1994. Estudio gravimétrico de la zona geotérmica de Laguna Salada, B.C. Instituto de Ingeniería, UABC, Reporte Técnico Final. Inédito.
- Vázquez G., Rogelio, 1998. Estudio geohidrológico del Campo Geotérmico Cerro Prieto. Informe Técnico RE-05/98, CICESE. Inédito.
- Velazco H., J., 1963. Levantamiento gravimétrico zona geotérmica de Mexicali, Baja California. Informe interno del Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Inédito.