

IDENTIFICACIÓN DE FALLAMIENTO EN LA PENÍNSULA DE PUNTA BANDA, B.C., A PARTIR DE DATOS DE TOPOGRAFÍA, MAGNETOMETRÍA Y GRAVIMETRÍA

A. González-Fernández¹, B. Martín-Atienza² y S. Paz-López²

¹ Depto. de Geología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

² Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Km 107, Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C., 22860, México

RESUMEN

En la Península de Punta Banda y la Barra El Estero, situadas al sur de la Bahía de Todos los Santos, B.C., se han realizado dos levantamientos geofísicos, uno magnetométrico y el otro gravimétrico. Como resultado de estos dos levantamientos se han obtenido los mapas de anomalías magnéticas de campo total y de anomalías de Bouguer que, junto con los datos aportados por la carta topográfica de la zona, muestran la presencia de tres lineamientos que cruzan la Península de Punta Banda con dirección NNW-SSE, identificados como fallas secundarias de desplazamiento lateral derecho, asociadas al sistema de fallas Agua Blanca. De estos mismos datos se han realizado dos modelos geofísicos que confirman la identificación de dos de estos lineamientos con fallas. La interpretación de estas fallas complementa los estudios geológicos realizados en el área y permitirá una mejor evaluación de los riesgos geológicos en la zona costera de la Bahía de Todos Santos y en la ciudad de Ensenada.

INTRODUCCIÓN

La Península de Punta Banda se encuentra al sur de la Bahía de Todos los Santos, B.C. Está formada por un cordón montañoso de dirección N50°W que representa a un horst cuyos flancos están controlados por fallas de desplazamiento lateral derecho que limitan topográficamente sus costas por el norte y el sur (Wong, 1980) y que componen el sistema de fallas Agua Blanca (Gastil *et al.*, 1975). Este sistema atraviesa la Península de Baja California de este a oeste y conecta los sistemas de fallas de la margen continental del Pacífico con el sistema transforme San Andrés-Golfo de California, a través de una serie de fallas subparalelas (Figura 1). El sistema de fallas Agua Blanca es activo (Allen *et al.*, 1960; Gastil *et al.*, 1975; Moldrano Salgado, 1987), con presencia de actividad sísmica (Frez y Frías Camacho, 1998).

Entre los trabajos geofísicos realizados en la Bahía de Todos los Santos y en las regiones adyacentes destacan los siguientes: en 1977 González Serrano realizó un estudio de anomalías magnéticas y gravimétricas; encontró que dichas anomalías están dominadas por la tendencia general del sistema de fallas Agua Blanca y llegó a la conclusión de que la estructura de la Bahía es un sistema de fallas laterales que la dividen en bloques estructurales.

Vázquez González (1980) y Fabriol *et al.* (1982) realizaron una serie de estudios de gravimetría, de resistividad y de corrientes telúricas en el Valle de Maneadero, situado al sur de la ciudad de Ensenada, B.C. Determinó la profundidad del basamento en esta zona (entre 200 y 600 m) y localizó la extensión de la rama norte del sistema de fallas Agua Blanca. También en 1980, Wong realizó la interpretación de perfiles de sísmica de reflexión registrados durante dos cruceros

oceanográficos, uno en 1978 y otro en 1979. Mediante estos datos, el autor determinó las implicaciones tectónicas del sistema de fallas Agua Blanca y concluyó que la región costera de Todos los Santos está formada por bloques controlados por fallas normales, paralelas entre sí, asociadas al sistema de fallas Agua Blanca, que definen la fisiografía actual de la región, principalmente de las áreas de Punta Banda, Valle de Maneadero y la Bahía de Todos los Santos.

Cruz (1986) realizó un estudio gravimétrico en el área del Arroyo San Carlos y en el Valle de Maneadero, al sur de Ensenada, y obtuvo un mapa de anomalías de Bouguer, a partir del cual determinó la profundidad del basamento. Agüero Madero (1986) realizó otro levantamiento gravimétrico en la zona costera de la Bahía de Todos los Santos, que integró a los estudios gravimétricos anteriores y definió un modelo estructural de la Bahía.

En 1987 Moldrano Salgado hizo un análisis estructural de la región del borde continental interior comprendida entre Punta Banda y Santo Tomás mediante la interpretación cualitativa de los perfiles sísmicos de reflexión continua, obtenidos durante un crucero oceanográfico realizado frente a las costas del sur de California (E.U.) y el norte de Baja California en 1979, organizado por el Scripps Institution of Oceanography of California y el CICESE. El objetivo principal del crucero fue detectar la extensión del sistema de fallas Agua Blanca en el borde continental de California y su relación con el fallamiento regional.

En el presente trabajo se muestran los resultados correspondientes a los primeros levantamientos geofísicos de campos potenciales llevados a cabo en la Península de Punta Banda y la Barra El Estero. Asimismo, se identifican las fallas presentes en el área a partir de la interpretación de los datos topográficos, magnéticos y gravimétricos obtenidos. También se presentan

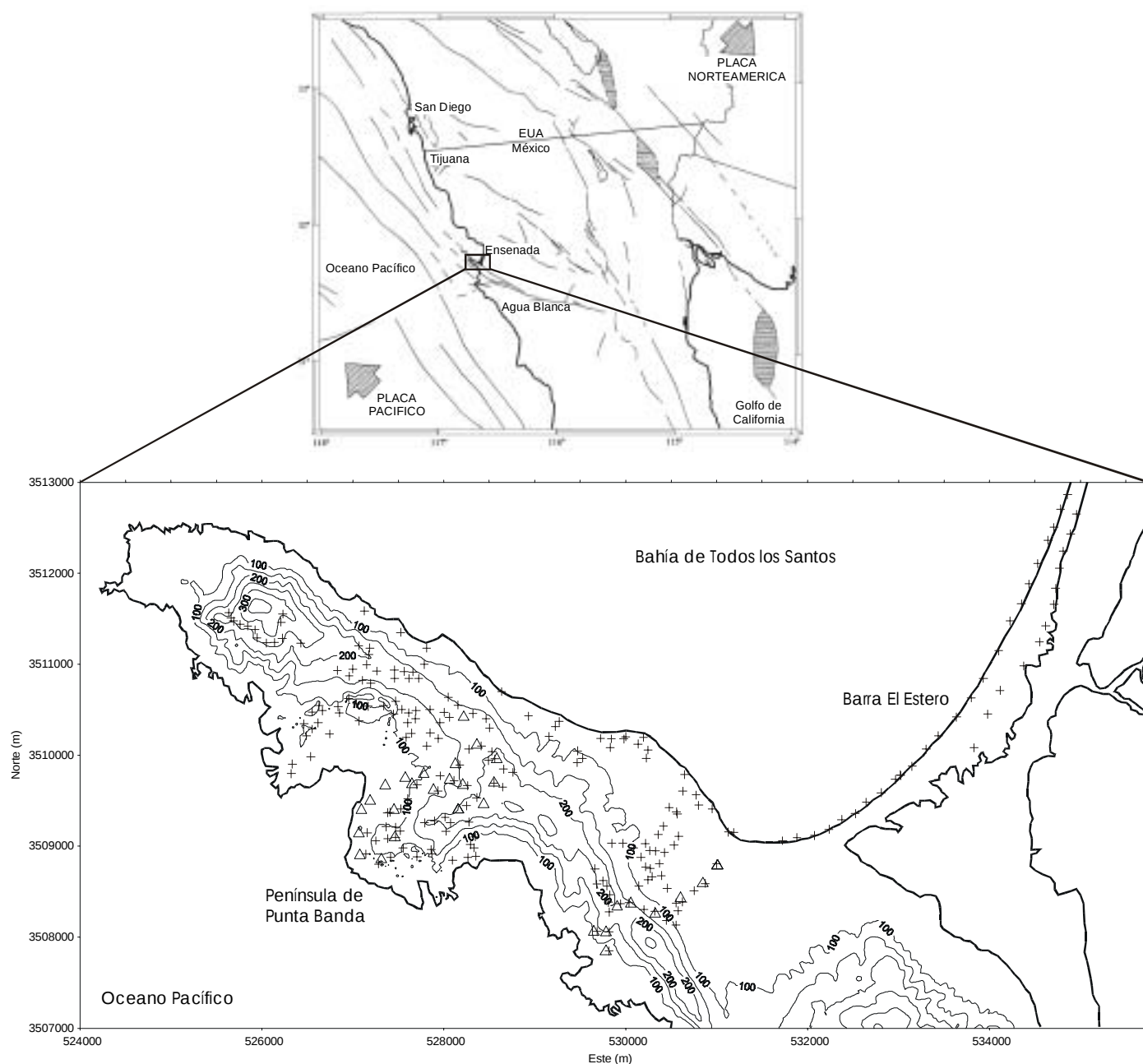


Figura 1. Localización del área de estudio (Frez y Frías-Camacho, 1998, modificado.) Con cruces se ubica la posición de los puntos de registro magnético y con triángulos los puntos de registro gravimétrico. El espaciado entre líneas de nivel es de 50 m.

dos modelos geofísicos en 2D, magnéticos y gravimétricos, de dos de los lineamientos identificados. Este trabajo permite completar las anteriores interpretaciones de datos geofísicos registrados en la zona costera de la Bahía de Todos los Santos y complementa los trabajos geológicos realizados en la Península de Punta Banda.

REGISTRO Y PROCESADO DE DATOS

La base topográfica de este trabajo se obtuvo de la digitalización de la carta topográfica de escala 1:50.000 del INEGI (1996). El mapa resultante de dicha digitalización se

muestra en la Figura 1, donde los datos digitalizados fueron interpolados mediante el método de kriging para formar una malla con separación entre nodos de 10 m. Este mapa muestra una cadena de elevaciones de unos 200 m sobre el nivel del mar en promedio que separan la costa norte de la costa sur, con un mayor gradiente hacia el sur. La cota de mayor elevación se alcanza cerca del extremo noroccidental de la Península, con un valor de 380 m.

En la Península de Punta Banda y la Barra El Estero se realizaron dos levantamientos geofísicos, uno magnetométrico y otro gravimétrico. En el levantamiento magnético se obtuvieron datos de intensidad de campo total a partir de 193 estaciones situadas en la Península y de otras 37 a lo largo de la barra

con un magnetómetro de protones Geometrics G-856 de 0.1 nT de resolución. La distribución de las estaciones es irregular, usando los accesos en la Península de Punta Banda, con una separación promedio de 300 m entre puntos de observación y cubren un área total aproximada de 20 km² (Figura 1).

Los datos magnéticos obtenidos fueron corregidos por la variación temporal del campo utilizando otro magnetómetro de protones Geometrics G-856, con el que se registró la intensidad de campo total a intervalos de 1 minuto. Este equipo estuvo ubicado, durante la campaña de campo, en una base fija situada al norte de la Bahía de Todos los Santos cerca de las instalaciones del CICESE y suficientemente alejado de fuentes de ruido magnético. La corrección por el campo geomagnético de referencia se realizó utilizando el IGRF95 para la posición y fecha de registro de los datos, con lo que se obtuvo la anomalía magnética de campo total.

El levantamiento gravimétrico se realizó en dos áreas particulares. En una de éstas, situada en la parte central de la zona de estudio, se obtuvieron datos de aceleración de la gravedad en 21 estaciones distribuidas irregularmente, con un gravímetro Lacoste-Romberg modelo G de 0.1 mGal de resolución. En la otra zona, situada al SE de la anterior, se realizaron 9 mediciones de la gravedad con el mismo equipo (Figura 1). La obtención de datos gravimétricos fue parte de una práctica de campo realizada en un curso de posgrado de CICESE y, aunque estos datos cubren sólo dos pequeñas áreas, se han utilizado como datos de control para las interpretaciones realizadas a partir de los datos magnéticos y topográficos.

El registro de los datos gravimétricos en el campo se realizó de manera sistemática, regresando a una estación base intermedia, localizada en el área de estudio, a intervalos de menos de 3 horas. Se ha supuesto que en este intervalo la deriva del instrumento es lineal. Además, inmediatamente antes y después de llevar a cabo las mediciones gravimétricas en la zona de estudio, se efectuaron mediciones en otra estación gravimétrica base, correspondiente a un punto de medición absoluta situada en la ciudad de Ensenada (monumento a Hidalgo), a menos de 20 km de distancia. A continuación se realizó la reducción de los datos hasta obtener la anomalía de Bouguer simple, calculando la gravedad teórica a partir del World Geodetic System 1984 y suponiendo que la densidad de reducción de la losa de Bouguer es de 2670 kg/m³.

La localización geográfica de las estaciones magnéticas y gravimétricas se efectuaron con un GPS manual Garmin que tiene una precisión máxima de 20 m en cada medida individual. Cada localización se obtuvo promediando las posiciones medidas por el equipo durante un tiempo variable entre 1 y 5 minutos, hasta alcanzar una precisión menor o igual a 12 m (RMS) en las coordenadas horizontales. Las elevaciones utilizadas para efectuar las correcciones gravimétricas se obtuvieron a partir de la carta topográfica del INEGI (1996).

Una vez aplicadas las correcciones a los datos magnéticos y de gravedad registrados en el campo, se hicieron los correspondientes mapas de anomalías calculando mallas de datos mediante el método de interpolación de kriging. Este método ha sido elegido porque es el que menor cantidad de ruido numérico produce, teniendo en cuenta la ubicación irregular de los datos de campo. Además, es un interpolador exacto, ya que conserva el valor de los datos registrados. Para el cálculo de la malla de anomalías magnéticas, se ha aplicado una incertidumbre de ± 10 nT para las mediciones y para el cálculo de la malla de anomalías gravimétricas, de ± 1 mGal. Sin embargo, como la incertidumbre en la elevación es de ± 10 m, la incertidumbre real para las anomalías gravimétricas es de ± 3 mGal. La aplicación de estas incertidumbres permite que el método de interpolación no se comporte como un interpolador exacto dentro de esos límites, obteniendo como resultado mapas de contornos más suaves. El espaciamiento entre los nodos en ambas mallas es de 100 m, pero en el mapa de anomalías magnéticas se ha reducido esta distancia mediante interpolación por splines cúbicos para una mejor visualización mediante iluminación artificial.

RESULTADOS

El mapa de anomalías magnéticas de campo total (Figura 2) presenta amplitudes elevadas y la intensidad del campo oscila entre -600 nT hasta más de 1200 nT. Existen dos áreas con valores muy bajos de intensidad de anomalía magnética, uno en el centro-sur del área de estudio y otro en la unión de la Barra El Estero con la Península de Punta Banda. Los valores máximos de intensidad se localizan en la costa sur de la Península.

El mapa de las anomalías de Bouguer (Figura 3) presenta variaciones muy suaves en las dos zonas estudiadas, con intensidades que oscilan desde 7 mGal hasta 22 mGal. Estas variaciones son superiores al nivel de incertidumbre de los datos.

En una primera fase se hizo uso de la técnica de iluminación artificial en los mapas topográfico y magnético con el fin de identificar lineamientos y así encontrar posibles correlaciones entre ellos (Figuras 4 y 5). Se utilizó un ángulo de incidencia para la fuente de iluminación de 45° y se varió la dirección de la fuente en intervalos de acimut de 5° para encontrar cuál es la dirección idónea en la que estos mapas proporcionan mayor información. La dirección de iluminación seleccionada es la dirección NE (N45°W). Estos parámetros de iluminación resaltan los lineamientos existentes con dirección NNW-SSE, predominantes en toda la Península de Punta Banda. En una segunda fase, se calcularon unos modelos simples que apoyan la interpretación cualitativa de los lineamientos en los mapas de campos potenciales.

Los rasgos buscados en la interpretación de los mapas topográfico, de anomalías magnéticas y de anomalías de Bouguer son los lineamientos de los gradientes que marcan los límites entre bloques que corresponden a fallas. Se pueden identificar

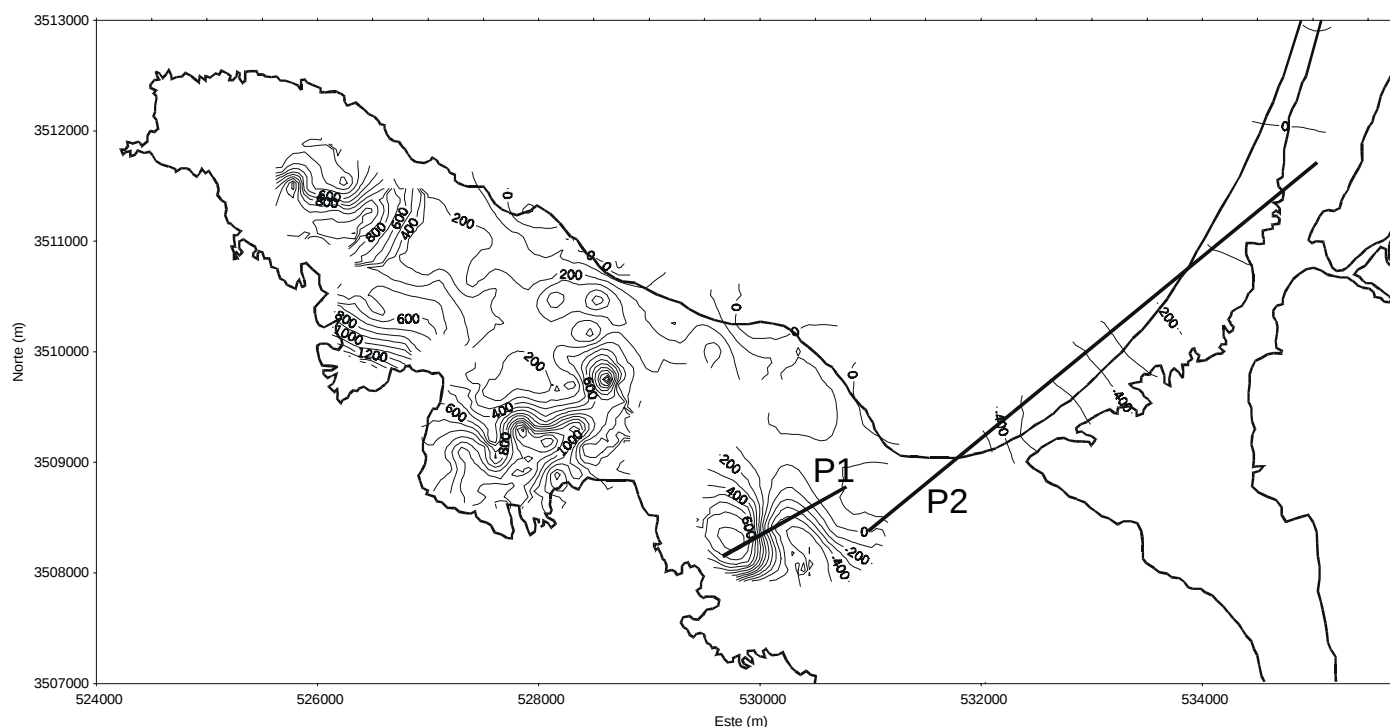


Figura 2. Mapa de anomalías magnéticas de campo total. Los valores magnéticos medidos en campo fueron corregidos por variación temporal y por el IGRF95 a la fecha de medición. El espaciado entre isolíneas es de 100 nT. Las líneas P1 y P2 representan los perfiles geofísicos modelados.

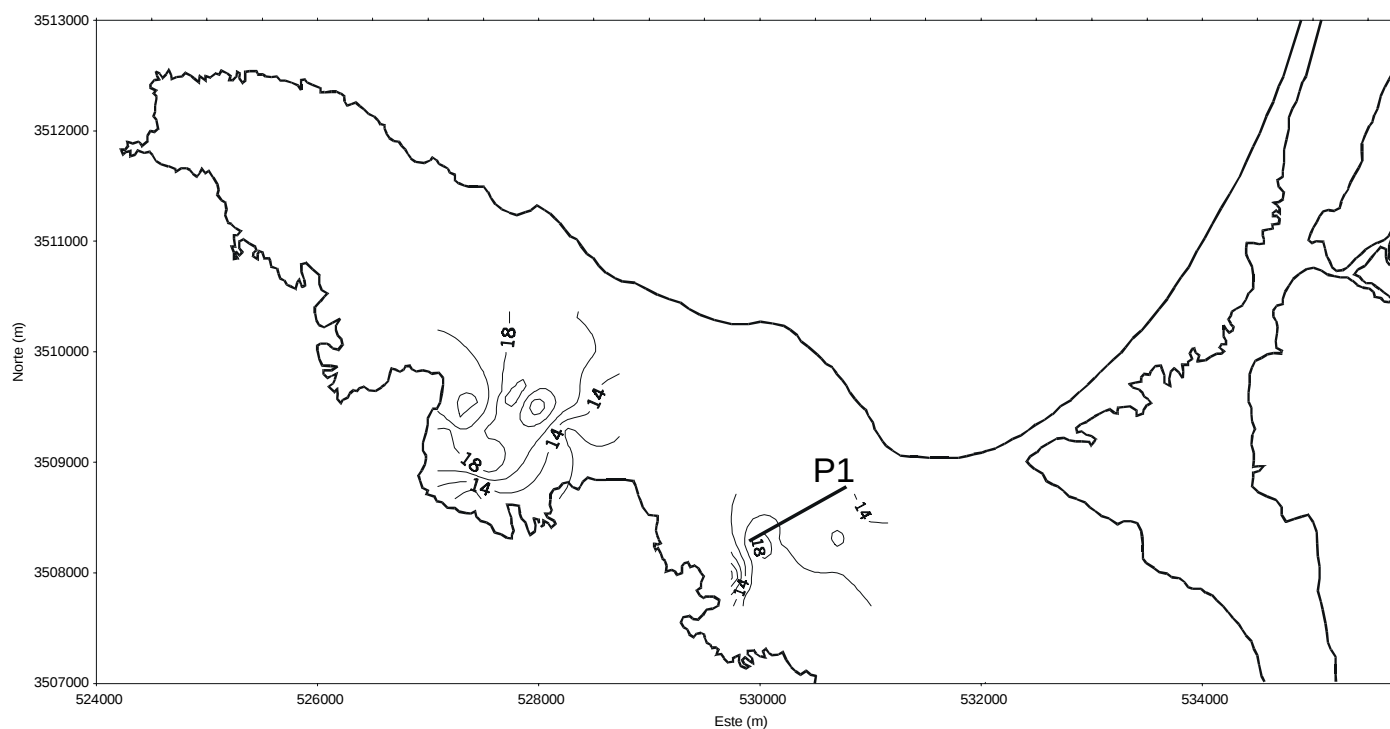


Figura 3. Mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer. El espaciado entre isolíneas es de 2 mGal. La línea P1 representa el perfil geofísico modelado.

varios lineamientos importantes, marcados con líneas continuas en las Figuras 4 y 5, orientados NNW-SSE. El lineamiento L1 es el más claro y está situado en el centro de ambas figuras. Este lineamiento está definido por una cresta topográfica, como se observa en la Figura 4 y se encuentra bien delineado en el

mapa de anomalías magnéticas de la Figura 5. Los lineamientos subparalelos L2 y L3 que se localizan al oeste de la zona de estudio están mejor definidos en el mapa topográfico que en el magnético, en particular el lineamiento L3 que se encuentra entre dos crestas topográficas. La existencia del lineamiento L2 está

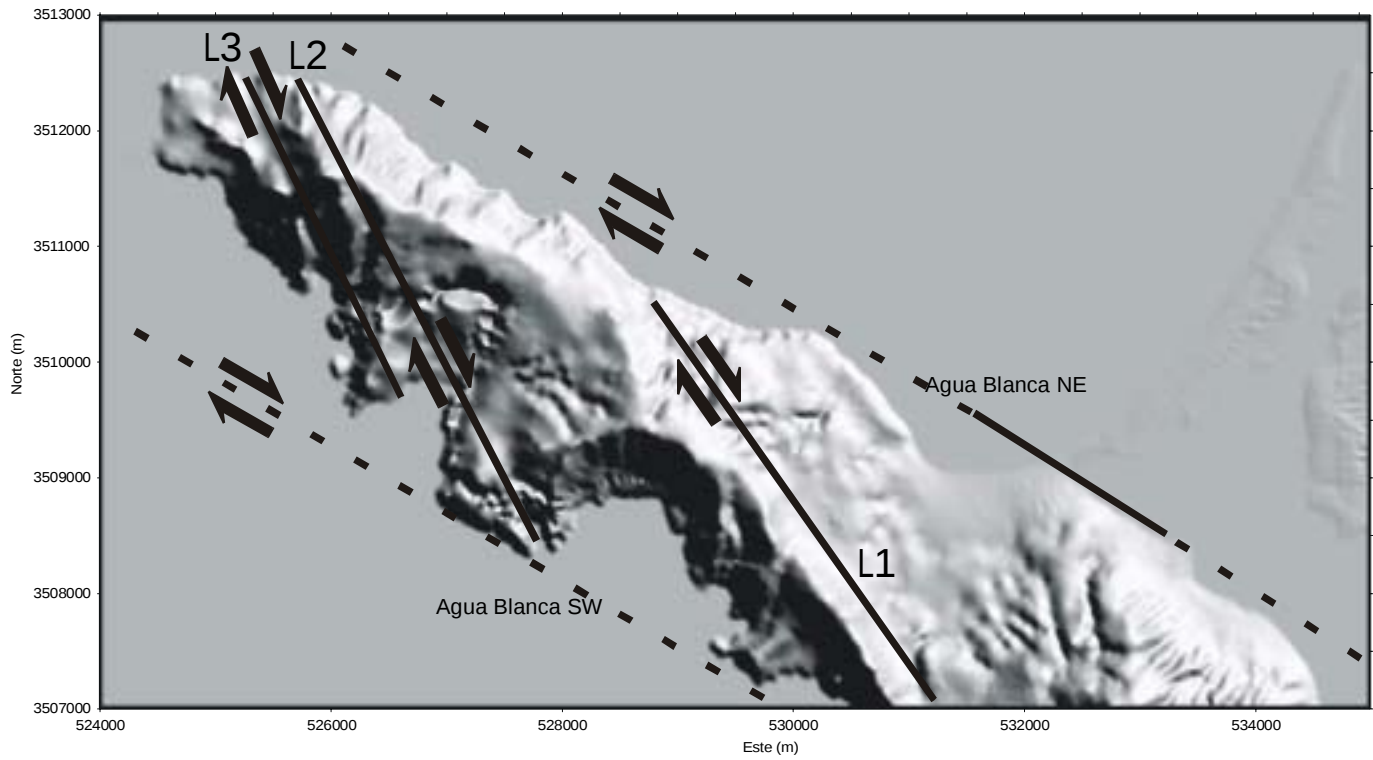


Figura 4. Iluminación del mapa topográfico. Se ha aplicado una fuente de iluminación con dirección N45°W, con un ángulo de incidencia de 45°. Los lineamientos interpretados están marcados con líneas sólidas. Con línea discontinua se marca la continuación de las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca en esta zona (según Allen *et al.*, 1960 y Wong, 1980). Las flechas indican el movimiento supuesto para las fallas.

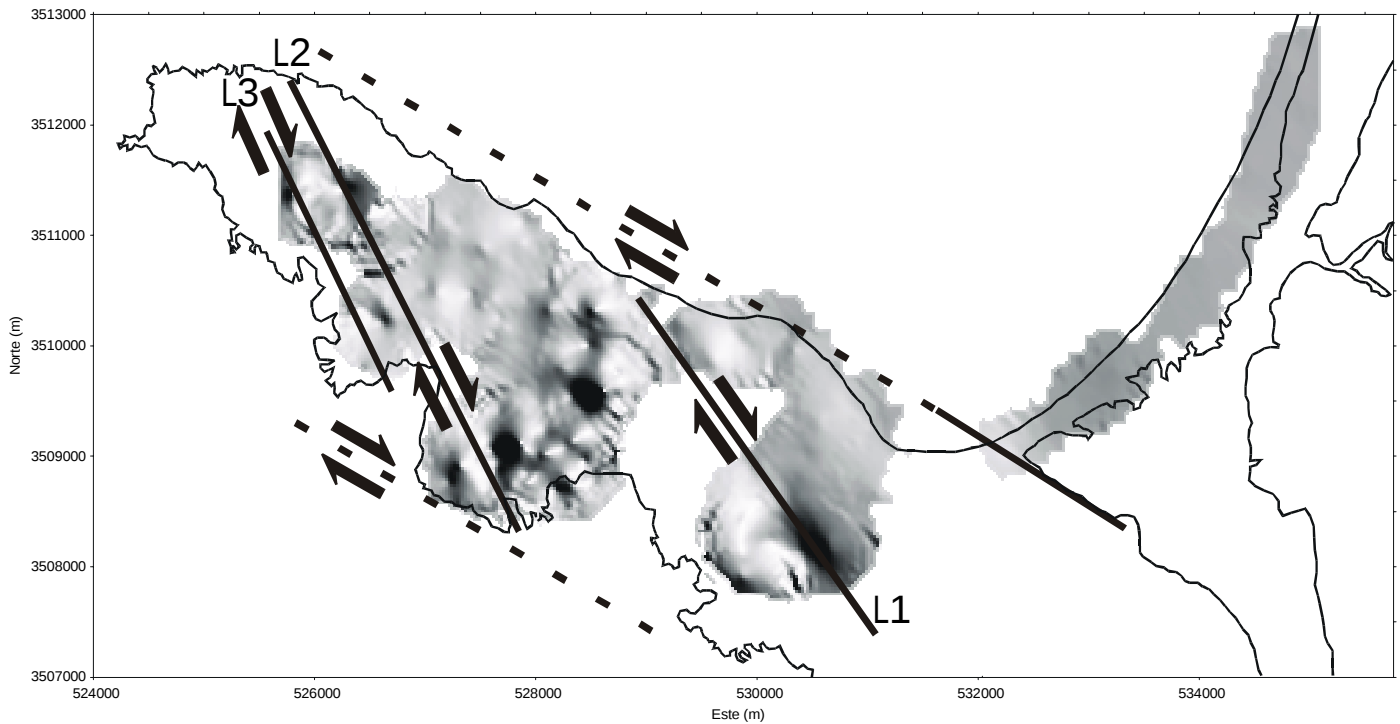


Figura 5. Iluminación del mapa de anomalías magnéticas de campo total. Se ha aplicado una fuente de iluminación con dirección N45°W, con un ángulo de incidencia de 45°. Los lineamientos interpretados están marcados con líneas sólidas. Con línea discontinua se marca la continuación de las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca en esta zona.

confirmada por la presencia de una serie de gradientes en el mapa de anomalías magnéticas. Se puede apreciar el efecto magnético de la rama NE del sistema de fallas Agua Blanca en la unión de la Barra El Estero con la Península de Punta Banda (Figuras 2 y 5). Además de la existencia de lineamientos, en el mapa magnético se pueden identificar varias anomalías aisladas que pueden corresponder a rocas extrusivas ácidas aflorantes en la superficie de la toda la zona de estudio al oeste de L1 (CETENAL, 1977).

El mapa de anomalías de Bouguer del presente trabajo sólo cubre dos pequeñas áreas de la zona de estudio. También se han utilizado los datos proporcionados por el mapa de anomalías de Bouguer de Fabriol *et al.* (1982) para comprobar las interpretaciones efectuadas acerca de los lineamientos encontrados en los otros dos mapas. En el área suroriental del mapa de Bouguer, situada en el centro de la Figura 6, se puede apreciar la presencia de un gradiente gravimétrico con las isolíneas en dirección NNE-SSW, cuyo modelado puede confirmar la existencia del lineamiento L1, obtenido a partir de la interpretación de los mapas topográfico y magnético para esta zona.

Al SW del área noroccidental del mapa de anomalías de Bouguer (Figura 6) se puede apreciar la presencia de un gradiente cuya orientación puede confirmar la existencia del lineamiento L2 ya interpretado en los mapas topográfico y magnético. Por otro lado, en esta misma zona se puede observar la presencia de gradientes con direcciones perpendiculares a la tendencia general que sugieren la presencia de fallamiento en dirección N-S; esto se puede corroborar con la información aportada por el

mapa de anomalías magnéticas, aunque no se observa su expresión en el mapa topográfico. Sin embargo, se dispone de pocos datos para asegurar la existencia de una estructura.

Fabriol *et al.* (1982) definen la presencia de una falla en la parte SW del Valle de Maneadero y en la unión de la Barra El Estero con la Península de Punta Banda, a partir del gradiente que presenta dicho mapa en esta zona. Como hemos comentado anteriormente, en esta misma zona también se puede observar el efecto magnético de dicha falla.

A partir de los datos registrados en el presente trabajo se ha calculado un modelo magnético simple para confirmar la identificación del lineamiento L1 con una falla. En la Figura 7 se muestra el modelo, el cual supone un contraste de susceptibilidad de 0.01 e.m.u., con un desnivel del basamento magnético de 200 m. El máximo de la anomalía magnética se modeló incluyendo un cuerpo más somero con una susceptibilidad de 0.008 e.m.u. (que corresponde, probablemente, a un cuerpo intrusivo). Se ha calculado también un modelo gravimétrico que concuerda con el modelo magnético citado anteriormente, con un buen ajuste dentro del nivel de incertidumbre de la anomalía gravimétrica observada, como se muestra en la Figura 7. El contraste de densidad utilizado en el modelo es de 0.7 g/cm³, de acuerdo con el valor propuesto por Fabriol *et al.* (1982) en el sur del Valle de Maneadero.

También se ha calculado un modelo para la rama norte del sistema de fallas Agua Blanca, en la zona de conexión de la Barra El Estero con la Península de Punta Banda (Figura 8). Se

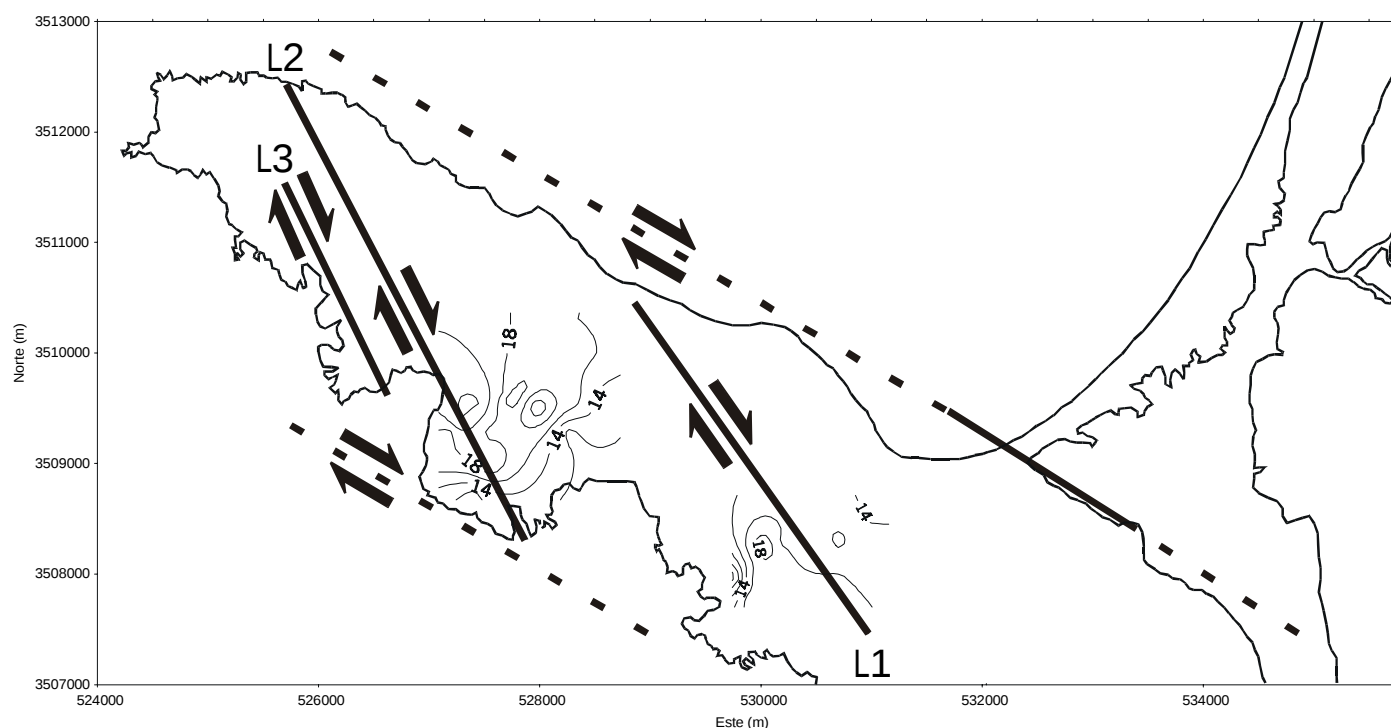


Figura 6. Mapa de anomalías de Bouguer. El gradiente que se observa en la zona este es coincidente con el lineamiento interpretado L1. En el extremo suroccidental de la zona oeste se identifica un gradiente coincidente con el lineamiento L2. Los lineamientos interpretados están marcados con líneas sólidas. Con línea discontinua se marca la continuación de las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca en esta zona.

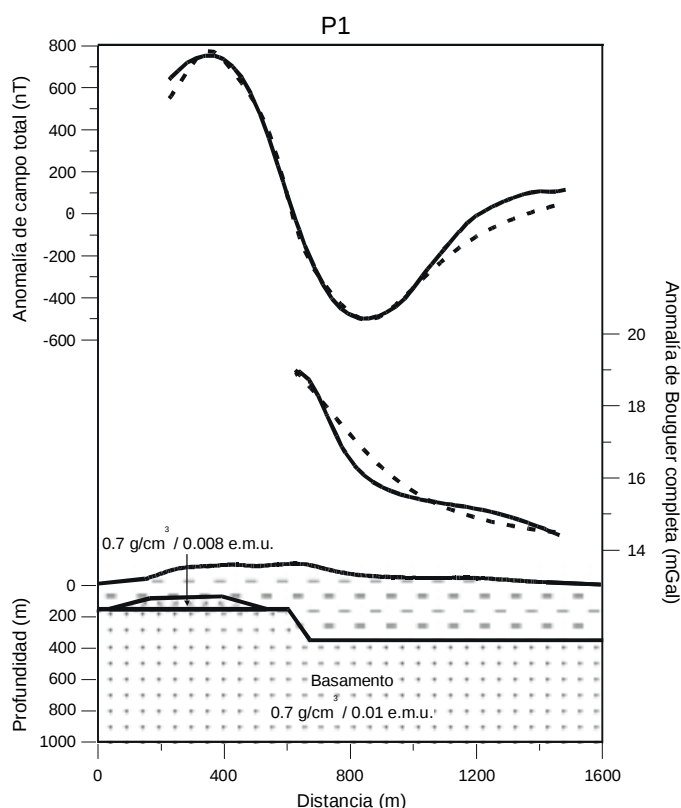


Figura 7. Modelo magnético y gravimétrico para el perfil P1, sobre el lineamiento L1. En línea discontinua se indican las anomalías observadas y en línea continua las anomalías calculadas. Se muestran los valores de contraste de susceptibilidad y de contraste de densidad entre la capa más somera y el basamento.

han utilizado los datos magnéticos registrados en el presente trabajo y el mapa de anomalías de Bouguer publicado por Fabriol *et al.* (1982). Se interpreta un desnivel en el basamento de 1000 metros, el cual presenta un contraste de susceptibilidad de 0.01 e.m.u. y se ha modelado un contraste de densidad de 0.7 g/cm³, como se observa en la Figura 8. El modelo proporciona un buen ajuste con los datos observados, tanto gravimétricos como magnéticos, aunque éstos no cubren completamente las anomalías producidas por el desnivel del basamento. Para este modelo se han utilizado los mismos valores de contraste de susceptibilidad y de densidad que para el modelado de las anomalías del lineamiento L1 (Figura 7). Además, el nivel del bloque elevado del basamento corresponde al nivel calculado para el bloque hundido del modelo de L1.

Para los otros lineamientos no se han calculado modelos, ya que existe una marcada variación lateral de las anomalías, lo que se debe, probablemente, a la presencia de cuerpos intrusivos someros. Esta complejidad de las anomalías hace menos confiable el modelado de los lineamientos.

Los lineamientos obtenidos a partir de la interpretación de los mapas presentados pueden corresponder a fallas secundarias que conectan las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca (Allen *et al.*, 1960): una que transcurre paralela a la costa de la Península por el NE y otra paralela a su costa por el SW, ambas

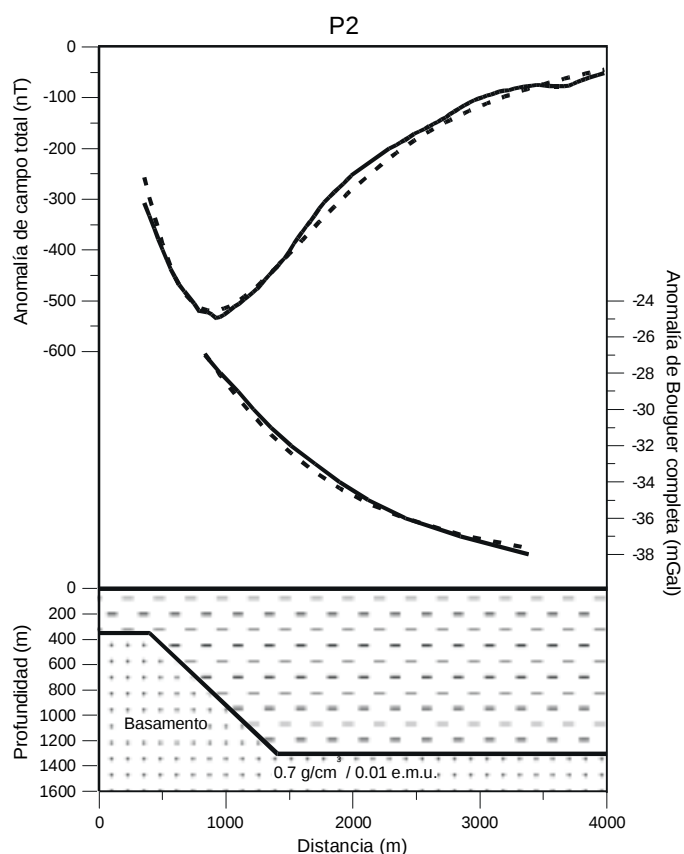


Figura 8. Modelo magnético y gravimétrico para el perfil P2, sobre la rama norte del sistema de fallas Agua Blanca. En línea discontinua se indican las anomalías observadas y en línea continua las anomalías calculadas. Se muestran los valores de contraste de susceptibilidad y de contraste de densidad entre la capa más somera y el basamento y un cuerpo intrusivo.

marcadas en las Figuras 4, 5 y 6 con líneas discontinuas. Esta interpretación está apoyada por los modelos calculados y por el hecho de que los lineamientos identificados se corresponden con la traza de segmentos de falla marcados en el mapa de CETENAL (1977) (Figura 9). Las fallas secundarias presentan dirección NNW-SSE y se interpreta que su componente principal es de desplazamiento lateral derecho, ya que dichas fallas deben acomodar los esfuerzos producidos por el movimiento lateral derecho que presentan las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca. Estas fallas secundarias también tienen una componente normal, como se observa en los modelos calculados.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro estudio postula la existencia de al menos tres fallas secundarias que acomodan la deformación entre las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca. Algunos tramos de estas fallas ya fueron identificados en CETENAL (1977). Estas fallas secundarias son de desplazamiento lateral derecho y controlan los accidentes topográficos mayores en la Península, resultando en una sucesión de valles y elevaciones subparalelas,

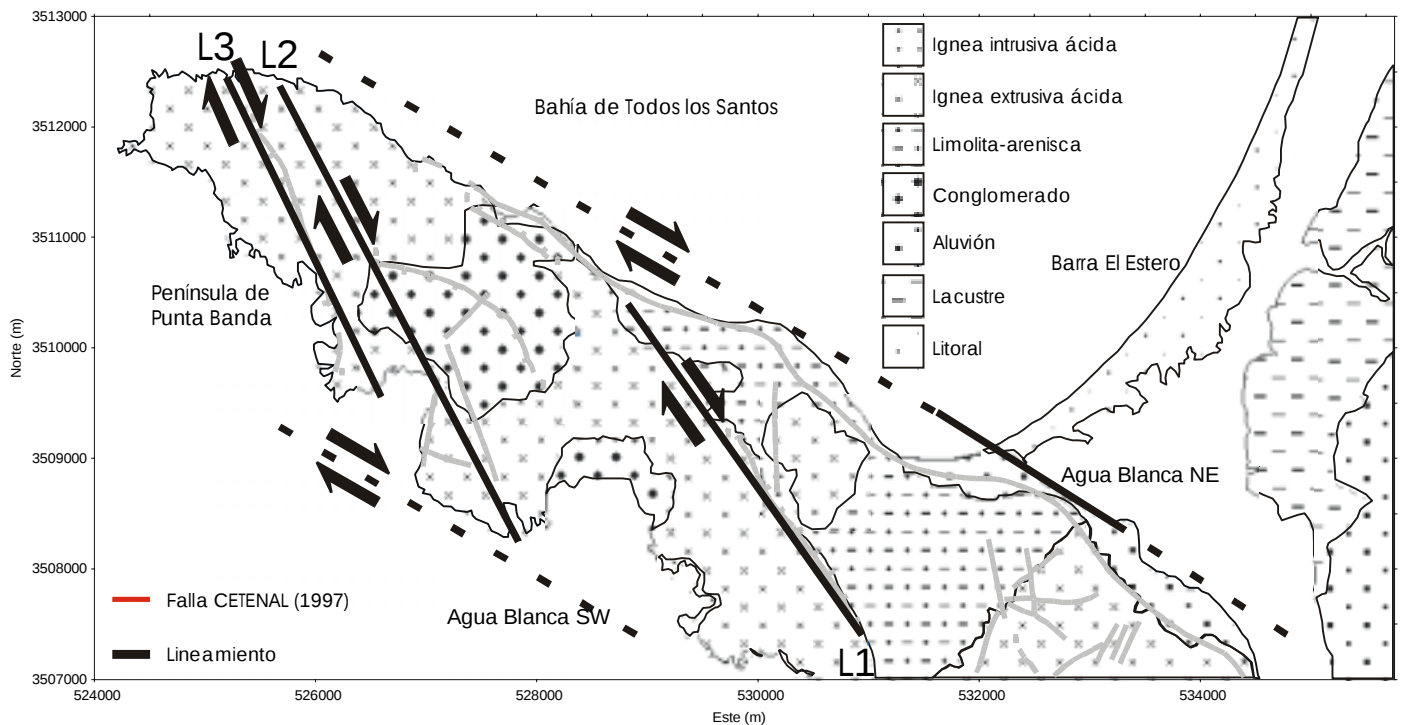


Figura 9. Mapa geológico de la Península de Punta Banda y de la Barra El Estero que muestra los diferentes tipos de litología presentes en la zona de estudio. Las líneas grises marcan las fallas propuestas en la carta geológica 1:50,000 (CETENAL, 1977). Los lineamientos interpretados están marcados con líneas sólidas negras. Con línea discontinua negra se marca la continuación de las dos ramas del sistema de fallas Agua Blanca en esta zona.

alineadas en dirección NNW-SSE. Este fallamiento se manifiesta tanto en el mapa topográfico como en el mapa de anomalías magnéticas. Nuestra interpretación prolonga hacia el NNW las trazas de dos fallas (lineamientos L1 y L3) trazadas en la carta geológica 1:50.000 del área (CETENAL, 1977) y sugiere la existencia de otra falla (lineamiento L2) no incluida en dicha carta (Figura 9). Rockwell *et al.* (1989) en su estudio realizado sobre terrazas marinas en la Península de Punta Banda, también propone la existencia de varias fallas asociadas al sistema Agua Blanca que cruzan la Península. A partir de fotografías aéreas, estos autores interpretan una falla coincidente con el lineamiento L3, propuesto en el presente trabajo.

La identificación de estos 3 lineamientos y su correspondencia con fallas asociadas al sistema Agua Blanca sirve de base para futuros trabajos de evaluación de riesgo geológico en la zona.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Juan García Abdeslem, al M.C. L. Alonso Gallardo Delgado y a los estudiantes del curso de Prácticas de Campo de Geofísica Aplicada '99 su valiosa colaboración durante la adquisición de datos. Los autores también agradecen al M.C. Luis A. Delgado Argote y a un árbitro anónimo sus valiosos comentarios. Este trabajo fue financiado por los proyectos CICESE-644102 y CONACYT-28318-T.

REFERENCIAS

- Allen, C.R., Silver, L.T. and Stenly, F.G., 1960. The Agua Blanca fault – A major transverse structure of northern Baja California, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 71, 457-482.
- Agüero Madero, G.A., 1986. Características estructurales de la Bahía Todos Santos y áreas costeras adyacentes. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., 40 pp.
- CETENAL, 1977. Carta geológica escala 1:50,000 Rodolfo Sánchez Taboada, H11B22.
- Cruz Falcón, F.A., 1986. Gravimetría de la cuenca del arroyo San Carlos, Ensenada, B.C. Tesis de Maestría, C.I.C.E.S.E., 74 pp.
- Fabrial, H., Martínez, M. y Vázquez González, R., 1982. Mediciones gravimétricas y telúricas en el Valle de Maneadero, Ensenada, Baja California. *Geofísica Internacional*, 21-1, 41-56.
- Frez, J. y Frías-Camacho, V.M., 1998. Mapas anuales de sismicidad para la región fronteriza de ambas Californias, *GEOS*, 18-2, 112-130.
- Gastil, R.G., Phillips, R.P. and Allison, E.C., 1975. Reconnaissance Geology of the State of Baja California, Mexico. *Geological Society of America, Memoir* 140, Boulder, 170 pp.
- González Serrano, A., 1977. Anomalías gravimétricas y magnéticas de la Bahía de Todos los Santos. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., 52 pp.

- INEGI, 1996. Carta topográfica escala 1:50,000 Rodolfo Sánchez Taboada, H11B22.
- Moldrano Salgado, R., 1987. Características estructurales de la región del borde continental comprendida entre Punta Banda y Punta Santo Tomás. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC, 48 pp.
- Rockwell, T.K., Muhs, D.R., Kennedy, G.L., Hatch, M.E., Wilson, S.H. and Kingler, R.E., 1989. Uranium-series ages, faunal correlations and tectonic deformation of marine terraces within the Agua Blanca fault zone at Punta Banda, Northern Baja California, México. In: Abbott, P.L., ed., *Geologic studies in Baja California: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Pacific Section*, Los Angeles, California, p. 1-16.
- Vázquez González, R. 1980. Estudio de métodos potenciales con aplicación a Geohidrología. Tesis de maestría, C.I.C.E.S.E., 108 pp.
- Wong Ortega, V.M., 1980. Implicaciones tectónicas de la falla de Agua Blanca en la Bahía de Todos Los Santos, B.C., México. Tesis de Maestría, CICESE, 79 pp.