

GRAVIMETRIA Y ESTRUCTURA DEL VALLE DE SAN QUINTIN, B.C.

J.M. Espinosa Cardeña, J.M. Romo Jones y M. Almeida Vega

Departamento de Geofísica Aplicada, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

INTRODUCCION

A finales de 1988 y principios de 1989, se llevó a cabo un levantamiento de gravedad en el Valle de San Quintín como parte del proyecto "Estudios de Gravedad y Magnetismo en el Valle de San Quintín", que realizó el grupo de Exploración del Departamento de Geofísica Aplicada del CICESE. El objetivo del estudio es conocer la profundidad y estructura del basamento cristalino que subyace a los depósitos sedimentarios.

El Valle de San Quintín es la región de mayor producción agrícola del Municipio de Ensenada, su localización en la costa y la sobreexplotación de sus recursos hidráulicos ha conducido a un problema de contaminación de sus acuíferos con agua salada. Cualquier estudio geohidrológico o geofísico en el valle requiere del conocimiento de la geometría y profundidad de la cuenca, datos que se determinaron a partir de la interpretación del mapa de anomalías gravimétricas, los cuales se presentan y discuten en este trabajo.

MARCO GEOLOGICO

La región del Valle de San Quintín se localiza en la porción centro oriental del Estado de Baja California, y se encuentra comprendida entre los paralelos 30° 22'-30° 42' de Latitud Norte y los meridianos 115° 50'-116° 03' Longitud Oeste (Fig. 1).

La fisiografía de la región en la dirección Este-Oeste es fundamentalmente de tres tipos: (1) Planicie costera suave con alturas entre 0 y 30 m, interrumpida por volcanes recientes unidos por tómbolos y barras, que originalmente formaban islas. (2) Mesas y terrazas costeras con una altura media de 150 m y ligero buzamiento hacia el poniente, escalonadas y disectadas por arroyos de aguas intermitentes. (3) Pequeñas cadenas montañosas orientadas NW-SE que forman sierras con alturas promedio de 300 a 500 m.

Mejía (1990) describe la geología del Valle de San Quintín (Fig. 1) de la manera siguiente: En las partes altas afloran grandes cuerpos de rocas ígneas extrusivas ácidas y tobas reolíticas, volcánicas no diferenciadas de la Formación Alisitos (Cretácico Inferior), que en conjunto constituyen el basamento del área de estudio - cortado a 504 m por el pozo PBCESQ-8 (Fig. 1) en la parte norte central de la planicie (S.A.R.H., 1978) -. Las mesas y terrazas costeras están constituidas por un conglomerado heterogéneo continental formado por fragmentos de granito, basalto y caliza metamorfozada dentro de un cementante arcilloso y por rocas sedimentarias marinas (areniscas, arcillas arenosas y lutitas) del Grupo Rosario (Cretácico Superior y Terciario). La planicie es una antigua terraza cubierta por material granular sedimentario marino (areniscas), aluvión y depósitos fluviales, que presenta espesores de 50 a 250 m descansando

sobre una base de material arcilloso (Pleistoceno a Reciente).

Durante el Pleistoceno Tardío y a principios del Reciente, surgió una importante actividad ígnea al Oeste de la planicie costera, que produjo conos cineríticos basálticos con sus correspondientes flujos de lava (Woodford, 1928). Dichos edificios volcánicos están unidos a la costa por barras que han formado las corrientes oceánicas y que han protegido de la erosión marina a los sedimentos aportados por las corrientes de depositación. Esto permitió que la planicie se levantara sobre el nivel del mar.

El valle de San Quintín es una porción emergente del borde continental con una estructura simple, terrazas marinas alabeadas y fallas normales con pequeños desplazamientos. Al este del valle cruza la línea de Santillán y Barrera, una frontera estructural rectilínea del Cretácico que marca la terminación del borde continental (Gastil et al., 1975). El lineamiento de las terrazas marinas que se extiende 20 km en dirección NW-SE (Escarpe Cantú, Fig. 1) junto con la presencia de los volcanes, sugieren que el valle está controlado por fallas (Coleman, 1969).

El levantamiento del margen continental así como la actividad magmática que originó el campo volcánico, están vinculados con procesos tectónicos de subducción y post-subducción que afectan a todo lo largo de la península de Baja California (Rogers et al., 1985).

ANTECEDENTES GEOFISICOS

Actualmente, existen pocos estudios geofísicos que abarcan el área de estudio. En 1977 el Consejo de Recursos Minerales (C.R.M.) en cooperación con la Organización de las Naciones Unidas (O.N.U.), realizó un vuelo aeromagnético regional para prospección de yacimientos de hierro que abarcó el Valle de San Quintín. En el mapa aeromagnético co-

rrespondiente se observa un gradiente magnético regional (N 30° W), caracterizado por cuatro franjas magnéticas paralelas, cuya intensidad y extensión está controlada por la distribución relativa que guardan las unidades litológicas. La franja occidental, localizada paralelamente a la línea de costa y que incluye al Valle de San Quintín, se caracteriza por un gradiente suave con valores de intensidad que decrecen hacia la costa, las rocas que coinciden con esta franja son areniscas y conglomerados mal cementados de susceptibilidad magnética baja, por lo que se concluye que las anomalías magnéticas están directamente relacionadas con variaciones en la composición petrológica de las rocas del basamento y el gradiente magnético indica su relieve topográfico.

Con la finalidad de conocer las características geohidrológicas del Valle, la S.A.R.H. (1978) ha realizado campañas de sondeos eléctricos verticales. La composición arcillosa y alto contenido de sales de los estratos sedimentarios ha limitado la profundidad de exploración y no ha permitido conocer la estructura y profundidad del basamento cristalino resistivo.

COLECCION Y REDUCCION DE DATOS

Se establecieron un total de 300 estaciones con separaciones de 0.5 km a lo largo de perfiles separados a cada 2 km en las cuales se hicieron mediciones relativas de la atracción de la gravedad con un gravímetro Lacoste-Romberg y alturas del nivel medio del mar, cubriendo un área aproximada de 600 km².

La altura de las estaciones que se localizan en la planicie fueron obtenidas a partir de la interpolación de las alturas reportadas de los brocales de los pozos para riego agrícola que rebasan el número de 100. Para las estaciones que se localizan sobre las mesetas y los volcanes, se determinó su altura con un altímetro barométrico y un microbarógrafo para corregir

por variaciones de presión. Se considera un error de ± 3 m en las mesetas y volcanes y en la planicie de ± 1 m.

Los valores observados de la atracción de la gravedad se convirtieron a valores de anomalía de Bouguer, corrigiendo por efectos de deriva, altura, latitud y topografía (zonas C a I), utilizando densidades de reducción de 1.8, 2.1 y 2.4 gr/cm^3 (determinadas con perfiles de densidad), que representan a las principales unidades litológicas que afloran en el valle. Tomando en cuenta que la fuente principal de error en la reducción de datos gravimétricos proviene del control vertical, consideramos un error de ± 1 mgal en la estimación de la anomalía de Bouguer.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Una vez reducidos los datos, se elaboró el mapa de anomalías de gravedad de Bouguer (Fig. 1). Los valores están referidos a la estación EBKM5 localizada al sur del poblado Lázaro Cárdenas. Comparándolo con el mapa geológico se observa lo siguiente: un intenso gradiente en dirección hacia la costa con rumbo aproximado $N 20^\circ E$ e intensidades que van de +20 a -12 mgal. En la zona de la Bahía este comportamiento está distorsionado por la presencia del derrame de rocas volcánicas, caracterizado por un mínimo abierto y alargado formado por la isolinéa de -12 mgal. De acuerdo a la información arrojada por los pozos PBCESQ-8 y PBCESQ-7 (Figs. 1 y 2), el gradiente gravimétrico indica engrosamiento de la secuencia sedimentaria de norte a sur y hacia la línea de costa.

Para conocer el espesor del relleno sedimentario, se realizó una interpretación cuantitativa del mapa de anomalías gravimétricas estimándose la profundidad al basamento mediante un proceso de inversión iterativo. El algoritmo supone un modelo de dos capas con un contraste de densidad $\Delta\rho$ que se mantiene constante. La interface entre ambos medios

está compuesta de un conjunto de prismas de espesor variable, que se estima iterativamente hasta que la diferencia entre la anomalía residual observada y la calculada satisface algún criterio de convergencia. La base o la cima (dependiendo del signo de la anomalía) de cada prisma se mantiene a una profundidad promedio (Z_p) que se proporciona como dato adicional.

El regional gravimétrico se consideró un plano horizontal con valor constante de 25 mgal en toda el área de estudio. La anomalía residual se obtuvo restando este valor de la anomalía de Bouguer.

Para diferentes contrastes de densidad y una profundidad promedio $Z_p = 500$ m, se estimó el espesor de los sedimentos después de 10 iteraciones o hasta obtener una diferencia menor de 1 mgal entre los valores observados y calculados. Se escogió un contraste $\Delta\rho = 0.6 \text{ gr/cm}^3$ de acuerdo a los siguientes factores: correlación entre el contorno de espesor mínimo (100 m) y los afloramientos de rocas metavolcánicas del Cretácico Inferior, correlación de la profundidad de basamento calculado (550 m) y la alcanzada por el pozo PBCESQ-8 (504 m, Fig. 2). El contraste de densidad encontrado que mejor explica los datos observados, indica que la columna de sedimentos que rellenan el valle son en general de baja compactación (no consolidados).

El mapa de profundidades al basamento obtenido (Fig. 2), muestra un basamento con pendiente suave (aprox. 6°) cayendo hacia la costa, en donde alcanza profundidades de 1.5 km, con ondulaciones y separación de sus contornos a la altura del derrame de rocas volcánicas, cambio del rumbo de la estructura al oeste de la Bahía de San Quintín, y profundidades de 0.5 a 1.0 km en el valle de San Simón (Fig. 1) - sitio donde se localizan los principales pozos actualmente productores de agua de buena calidad.

CONCLUSIONES

Los mapas de anomalías gravimétricas y de profundidades al basamento confirman que la estructura del valle de San Quintín es simple, y se caracteriza por un basamento metavolcánico de pendiente suave cubierto por un paquete de sedimentos no consolidados (Cuaternario ?) que se engruesa hacia el suroeste, formando un monoclinal con rumbo N 30° W que coincide con un lineamiento formado por tres volcanes. En términos generales,

el evento volcánico juega un papel importante en la configuración estructural del valle, produciendo un aterrazamiento del basamento en la zona del campo volcánico.

Los rasgos estructurales superficiales correspondientes al Escarpe Cantú y la falla normal asociada al valle San Simón, no se manifiestan en el basamento. Esto puede deberse a que son accidentes que afectan únicamente a la pila de sedimentos, o bien, son rasgos morfológicos como una antigua línea de costa y un cañón submarino, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

Coleman, Virginia, 1969. Ground Survey and Air-Photo analysis of the Llano de San Quintín, Baja California del Norte, México. Technical Report O-72-2 Office of Naval Research U.S.A., 13 p.

Gastil, R.G., R.P. Phillips and E. C. Allison, 1975. Reconnaissance Geology of the State of Baja California, Mexico. Geol. Soc. Amer., Memoir 140. 170 pp.

Mejía, V.R., 1990. Modelo de simulación numérica de flujo dimensional del acuífero de San Quintín, B.C. 11vo. Congreso Nacional de Hidráulica, Octubre 2-5 de 1990, Zacatecas, Zac. Tomo II: 119-130 p.

Rogers, G., Saunders, A.D., Terrel, D.J., Verma, S.P. and Marriner, G.F., 1985. Geochemistry of Holocene volcanic rocks associated with ridge subduction in Baja California, Mexico. Nature, Vol. 315, No. 6018, pp. 389-392.

S.A.R.H.- Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, 1978. Estudio de Factibilidad Hidrológica en San Quintín y Maneadero, B.C. Reporte Técnico. 100 p.

UNITED NATIONS, 1969. Survey of metallic Mineral Deposits México, United Nations Development Programme. Technical Report, 72 p.

Woodford, A.O., 1928. The San Quintín volcanic Field, Lower California. Am. J. Sci. V. 15: 338-345 p.

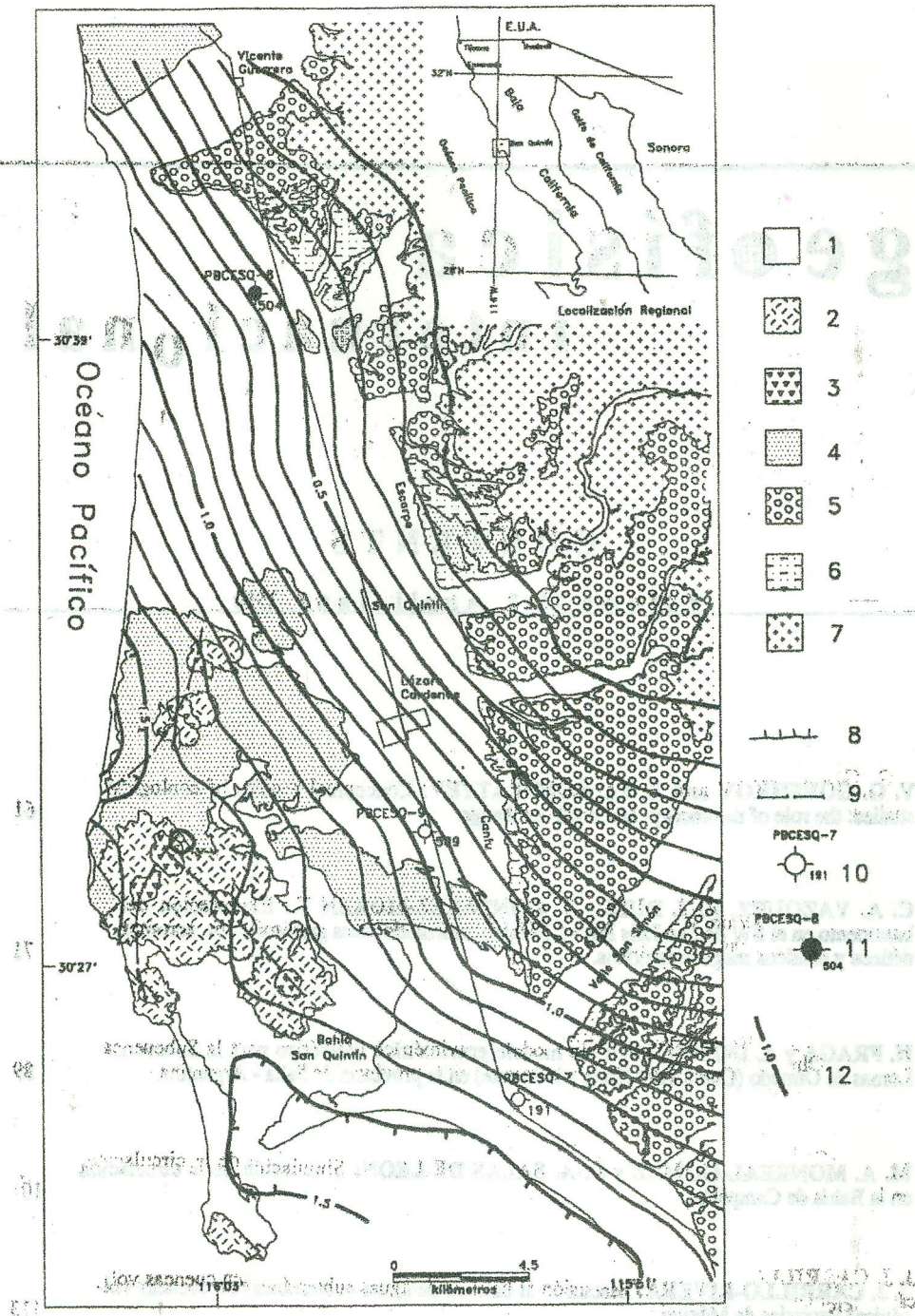


FIG. 2. MAPA GEOLÓGICO Y DE PROFUNDIDADES AL BASAMENTO PARA UN CONTRASTE DE DENSIDAD $\Delta\rho = 0.6$ GR/CM³ ENTRE BASAMENTO METAVOLCÁNICO Y SEDIMENTOS SUPRAYACENTES. LOS NÚMEROS DEL (1) AL (11) SON LOS MISMOS DE LA FIGURA 1. (12) CONTORNOS DE PROFUNDIDAD AL BASAMENTO A CADA 0.1 KM.