

## LA FALLA IMPERIAL EN EL VALLE DE MEXICALI

J. Javier González García\*

### PRESENTACION

En un proyecto que se desarrolló en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, en colaboración con el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, la Unidad Estatal de Protección Civil y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado de Baja California, se logró identificar en el campo algunos rasgos morfológicos que aún permanecen a 50 años de la ruptura superficial de la Falla Imperial en el Valle de Mexicali. La traza de la Falla Imperial se hizo evidente a raíz de la ocurrencia del temblor de "El Centro, California", del 18 de Mayo de 1940, de magnitud cercana a 7.0 en la escala de Richter.

El objetivo de nuestro trabajo es colaborar al zoneamiento geológico y sísmico de la ciudad de Mexicali y su valle para disminuir en lo posible los riesgos inherentes a un crecimiento urbano no planificado, dado que se encuentra asentada en una de las regiones de mayor actividad sísmica en el mundo.

### INTRODUCCION

Las fallas principales ubicadas en el Valle de Mexicali son el sistema Laguna Salada-Cucapá al oeste, las Fallas Imperial y Cerro Prieto que surcan la parte central del valle, y el sistema Sand Hills-Algodones que flanquea la depresión donde se aloja el valle por el este (Fig. 1). Todos estos rasgos geológicos tienen una orientación noroeste-sureste característica del sistema de fallas San Andrés y en conjunto presentan un alto nivel de sismicidad que hace de esta región uno de los segmentos más activos de esa famosa estructura tectónica.

En el Valle de Mexicali y zona circunvecina han ocurrido más de 25 temblores de magnitud mayor a 5.0 en lo que va del presente siglo (Fig. 2); los más recientes incluyen los temblores Imperial de octubre de 1979, Victoria de junio de 1980 y el par de sismos de Superstition Hills ocurridos en noviembre de 1987. Estos han cobrado cerca de diez vidas humanas y causado pérdidas directas por más de una decena de millones de dólares en la economía local. Aparte de los daños a la infraestructura rural, la Ciudad de Mexicali ha sufrido daños de moderados a severos incluyendo en este último caso la inhabilitación del Hospital General de la Secretaría de Salud, por más de dos años a la fecha.

---

\* Investigador, Departamento de Sismología, CICESE  
Espinoza No. 843, Ensenada, B.C., 22830

La Falla Imperial tiene una longitud de 75 km, desde aproximadamente 3 km al sur de Brawley, California, hasta unos 16 km al este del volcán Cerro Prieto (Fig. 3). El trazo de la Falla Imperial se encuentra a 12 km al este del Centro Cívico de Mexicali y a menos de 5 km del actual límite urbano de la ciudad. Este rasgo geológico ha sido el sitio de ocurrencia de dos sismos importantes en los últimos 50 años. La ruptura superficial causada por el temblor del 18 de mayo de 1940 alcanzó una longitud de 60 km y se reportaron desplazamientos laterales del terreno adyacente a la traza de la falla de hasta cerca de 6 m en la frontera internacional entre el Municipio de Mexicali y el Condado Imperial. En otros sitios los desplazamientos no fueron tan espectaculares llegando a ser de 2.1 m sobre la línea del ferrocarril de Mexicali a Algodones (Estación Cucapá, hoy poblado del Ejido Tamaulipas) y de 60 cm a la altura del cruce de la traza con el canal Solfatará<sup>(1)</sup>. El temblor del 15 de octubre de 1979 causó rupturas sobre el extremo noroeste de esta falla a lo largo de 30 km con un desplazamiento lateral derecho máximo de 60 cm en Valle Imperial<sup>(2)</sup>.

En 1977, un pequeño temblor de magnitud 4.2 causó la ruptura del camino pavimentado<sup>(3)</sup> en el poblado del Ejido Saltillo. Esta grieta fue reactivada<sup>(4)</sup> durante el temblor de junio de 1980 (M=6.1) y desde entonces se ha manifestado en actividad tanto en respuesta a un sismo en su cercanía, como los ocurridos el 6 de febrero de 1987 en Cerro Prieto y los de Superstition Hills, el 24 de noviembre del mismo año<sup>(5)</sup>; como en respuesta a movimientos del terreno no generados por temblor<sup>(6)</sup>. Aun cuando la ruptura superficial de la Falla Imperial a causa del temblor de 1940 se prosiguió en forma continua sólo hasta unos cientos de metros al sur del canal Solfatará y la grieta de la que hablamos arriba se encuentra a 10 km al sureste y además tiene una orientación norte-sur, dicha zona marca el punto documentado más al sur de la traza superficial de la Falla Imperial, alcanzando con ello una longitud de 37 km en territorio mexicano, o hasta 38 km si se considera las recientes observaciones de CECP-CFE<sup>(5)</sup> en la región al norte del Ejido Guerrero.

Nuestra meta en primera instancia fue ubicar en el campo la traza de la Falla Imperial y construir enseguida una red de control topográfico a lo largo de este rasgo tectónico en el Valle de Mexicali.

#### DESARROLLO

Nos hemos auxiliado, para la identificación de la ruptura superficial en el campo, de un grupo de fotos aéreas verticales escala 1:24,000 que, tomadas en 1978, por el entonces Centro de Estudios del Territorio Estatal, nos fueron proporcionadas por la Oficina de Catastro de Mexicali, y de una serie de 20 fotos aéreas oblicuas, tomadas el 19 de mayo de 1940, que nos fueron proporcionadas por la Oficina Técnica del Imperial Irrigation District en Imperial, California. Esta compañía administraba el sistema de irrigación en los Valles Imperial y Mexicali, el cuál fué drásticamente dañado a causa de la ruptura de varios canales, sobre todo, en territorio mexicano.

Recorrimos palmo a palmo la traza de la Falla Imperial en el Valle de Mexicali, desde el bordo izquierdo (sur) del All American Canal, en territorio norteamericano, hasta el extremo sur del poblado del Ejido Saltillo, en el Valle de Mexicali, contabilizando una longitud de falla de 37 km. Entrevistamos a más de 8 antiguos pobladores de la región quienes personalmente nos condujeron a sitios que aún

recuerdan, y que dejaron en ellos una vívida impresión de la ruptura superficial de la falla a causa del temblor del 18 de mayo de 1940. Aunque muchos rasgos de la falla han desaparecido, ya que la zona que atraviesa es de una intensa actividad agrícola, otros permanecen no obstante el paso del tiempo, como ocurre sobre todo, en las zonas donde prevaleció el movimiento vertical (fotografía No. 4), que en algunos casos alcanzó cerca de 2 m, dado lo impráctico de nivelar las tierras colindantes para el riego por gravedad que se utiliza en la región. Otras zonas que aún impresionan, sobre todo, por la componente horizontal del movimiento, son aquéllas en las que se observan hileras de árboles (pinos salados), y el caso único de una cerca, que fueron desplazados lateralmente hasta casi 4 m en la cercanía del All American Canal (fotografía No. 1). Al menos 2 m de desplazamiento horizontal, también se pueden observar aún en el poblado del Ejido Tamaulipas (fotografía No. 3), el cual prácticamente está partido en dos por la traza de la falla.

De acuerdo con la observación directa en el campo, el desplazamiento lateral derecho fue predominante al norte del poblado del Ejido Tamaulipas; al sur de esta zona, predominó el movimiento vertical con caída del bloque suroeste.

Observamos buen número de losas de los canales revestidos dañadas por motivos varios, creemos que algunas de esas losas han sido afectadas directamente por el comportamiento actual de la Falla Imperial (fotografía No. 7). Evidentemente el extremo sur de la falla es el más activo actualmente. Los pobladores del Ejido Saltillo se han acostumbrado a convivir con este fenómeno geológico (fotografías 5, 6 y 7).

Durante el temblor de octubre 15 de 1979 ( $M=6.6$ ), la Falla Imperial no experimentó ruptura superficial en el tramo de falla localizado en este trabajo. El epicentro de este temblor se muestra en la figura 3 y de acuerdo a los datos recabados, causó algunos daños a canales y a un sector de la carpeta asfáltica localizados de 250 a 500 m al oeste del trazo de la Falla Imperial al menos en un sector de 5 km al sur del epicentro.

A causa del temblor del 24 de noviembre de 1987, una persona residente en el área de la fotografía No. 2, reportó ahí grietas de dirección noroeste sobre el trazo de la Falla Imperial. En esta zona y durante nuestro recorrido descubrimos, en el fondo de un canal de riego, una grieta sobre el trazo de la falla, con claro movimiento vertical reciente. La parte noreste se está levantando, situación que nos fue corroborada al mencionarse la dificultad de riego en ese sector, ya que el flujo de agua proviene del oeste.

Durante los temblores del 17 de enero de 1977 ( $M=4.2$ ), 8 de junio de 1980 ( $M=6.1$ ), 6 de febrero de 1987 ( $M=5.5$ ) y 24 de noviembre de 1987 ( $M=6.2$ ) el sector del tramo carretero mostrado en la fotografía No. 6, ha sufrido ruptura con movimiento vertical y caída al lado oeste. Quizá en total incluyendo frecuentes movimientos asísmicos, esta zona ha tenido un movimiento vertical diferencial mayor a 1 m en los últimos 13 años (1977-1989). Además a últimas fechas hemos notado un rasgo secundario que por casi 300 m de longitud se manifiesta a unos 300 m al oeste de ese sector de falla, pero ahora con una caída del bloque este, formándose así, un pequeño graben.

En 1989, se construyeron 26 base-mojoneras con su extremo inferior ubicado a una profundidad de 1.2 m. Estas se integraron a la red microgeodésica<sup>(7)</sup> que CICESE mantiene en la zona desde 1983. Pretendemos construir así una red de control topográfico y gravimétrico en un sector de 22 km de longitud sobre la parte centro-sur de la Falla Imperial, la cual viene a complementar la red de control vertical<sup>(6)</sup> que INEGI y CFE construyeron en el Valle de Mexicali en 1978-79.

#### CONCLUSION

Hemos intentado colaborar en la necesaria zonificación geológica de la región y evitar, en la medida del conocimiento de la sociedad sobre la región donde habita, futuros asentamientos humanos en zonas de alto riesgo. Esperamos que pronto se legisle lo relativo a preservar una franja sobre el trazo de la falla, a determinar, libre de grandes asentamientos humanos y obras civiles de cualquier envergadura. No está por demás decir que es necesario incrementar los estudios de zoneamiento geológico y geotécnico y ampliar la instrumentación sísmica existente para hacer más eficiente y menos vulnerable el uso del suelo urbano de la creciente Ciudad de Mexicali.

#### RECONOCIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a funcionarios de la Universidad Autónoma de Baja California, Gobierno del Estado y CICESE, por su apoyo en este trabajo que se realizó durante mi estancia sabática en la Esc. de Ingeniería, UABC, Unidad Mexicali, en 1989. Agradezco la valiosa colaboración del Ing. José Guadalupe Quiñones Rodríguez (SAHOPE, UABC). María del Carmen Pérez mecanografió varias versiones de este escrito. Otras personas colaboraron.

#### REFERENCIAS

1. Richter, C.F., "Elementary Seismology", W.H. Freeman Co., 768 pp., San Francisco, Ca., 1958.
2. Johnson, C.E., C. Rojahn and R.V. Sharp (eds.), "The Imperial Valley California, Earthquake of October 15, 1979", U.S. Geological Survey Prof. Pap. 1254, 451 pp., Washington, D.C., 1982.
3. Periódico La Voz de la Frontera, 18 de enero de 1977, Mexicali, B.C.
4. Sharp, R.V., "Surface ruptures observed at Ejido Saltillo, Baja California after the Mexicali Valley earthquake of June 9, 1980", en Earthquake Engineering Research Institute Newsletter, Vol. 16, 94-99, 1982.
5. Corona-R, M., "Eventos sísmicos Westmorland (Nov. 1987) y sus efectos en el Valle de Mexicali", Coordinadora Ejecutiva de Cerro Prieto CFE, Departamento de Exploración. Reporte no publicado, Mexicali, B.C., 1988.
6. Periódico Novedades de Baja California, 3 de Septiembre de 1987, Mexicali, B.C.
7. Lesage, Ph., J.J. González y D. Darby, "Estudios geodésicos en el norte de Baja California", Resumen en GEOS boletín de la Unión Geofísica Mexicana, Epoca II, No. 2, C7-8, 1984.

8. De la Peña L., A., "Resultados de los estudios de nivelación de primer orden realizados en el Valle de Mexicali y en el campo de Cerro Prieto", en *Proceedings Third Symposium on the Cerro Prieto Geothermal Field, Baja California, México*, LBL-11967, 281-291, 1981.

9. Frez, J. y J.J. González, "Sismicidad y mecanismos focales en el Valle Mexicali-Imperial, 1973-1986", *Geofísica Internacional* Vol. 28(4), 643-691, 1989.

#### PIE DE FIGURAS

Figura 1.- Marco tectónico de la Depresión Salton (zona sombreada) y áreas vecinas. Las abreviaturas corresponden a: Zona sísmica Brawley (ZSB), zona sísmica Mexicali (ZSM), Cuenca Wagner (W), Falla Superstition Hills (FSH), Falla Coyote Creek (FCC), Falla Superstition Mountains (FSM), campo geotérmico de Cerro Prieto (CP) y Depresión Laguna Salada (DLS). El recuadro interior marca el área cubierta por la Figura 3. Figura obtenida de Frez y González<sup>(9)</sup>.

Figura 2.- Temblores  $ML > 5.0$  ocurridos entre 1903 y 1985 en la Depresión Salton y área vecinas. Se identifican, con un número, los siguientes sismos: El Centro de 1940(1). El Golfo de 1966(2). Mesa de Andrade de 1976(3), Valle Imperial de 1979(4) y Victoria de 1980(5). Los epicentros pertenecen a los catálogos del USGS-Caltech y mundial, con modificaciones compiladas, entre otros, por Anderson y Bodin (1987). Se incluyen también los sismos Cerro Prieto de febrero de 1987 ( $ML=5.5$ ), Westmorland de abril de 1981 ( $ML=5.7$ ) y Superstition Hills de noviembre de 1987 ( $ML=5.8$  y  $6.2$ ), numerados 6, 7, 8 y 9, respectivamente. Figura obtenida de Frez y González<sup>(9)</sup>.

Figura 3.- La Falla Imperial en el Valle de Mexicali y otros rasgos sismotectónicos vistos en la perspectiva de la mancha urbana actual (1989) de la Ciudad de Mexicali y áreas suburbanas. (U) bloque levantado, (D) bloque caído. Se representa también con estrellas los epicentros de los temblores del 18 de Mayo de 1940 ( $M \sim 7.0$ ) y del 15 de Octubre de 1979 ( $M=6.6$ ).

#### DESCRIPCION DE LAS FOTOGRAFIAS.

(Tomadas en junio 28 y 29 de 1989, excepto lo indicado).

1. Vista hacia el oeste a unos 100 m al sur del All American Canal en la frontera entre Mexicali e Imperial. El canal que se observa tiene una deflexión lateral derecha de más de 3 m en el sitio donde es cruzado por la F.I., marzo 16, 1989.
2. Vista hacia el noroeste desde el tramo de la carretera Mexicali-Aeropuerto que se ubica al norte de la propiedad denominada "Quinta Las Rosas". El trazo de la F.I. se hace evidente en la vereda que separa los arbustos a la derecha, de la parcela a la izquierda. En esta zona la parte alta se encuentra al suroeste y la baja al noreste.

3. Vista hacia el oeste sobre el tendido telegráfico paralelo a la ya desaparecida vía del ferrocarril Mexicali-Algodones en el extremo noroeste del poblado del Ejido Tamaulipas. Las dos personas al centro de la fotografía están situadas aproximadamente sobre el trazo de la falla. La persona de la izquierda esta alineada con respecto a la serie de postes ubicados al este y la persona de la derecha, con respecto a los postes ubicados al oeste. Ello, con objeto de indicar el desplazamiento lateral derecho del tendido telegráfico.
4. Vista hacia el sureste sobre el trazo de la F.I. en la parcela escolar del Ejido Tamaulipas. El terreno a la derecha (ensalitrado) está a más de un metro bajo el nivel de la parcela a la izquierda (esta no se ve en la foto). La mayor parte de este desnivel se produjo a raíz del temblor de 1940 según testimonio del Sr. Miguel Sandez Robles.
5. Vista de la parte frontal derecha de una construcción utilizada para culto religioso en la parte noroeste del poblado del Ejido Saltillo. La construcción esta exactamente encima de la Falla Imperial la cual tiene en esta zona una actual y permanente componente vertical de movimiento.
6. Vista hacia el noreste sobre el cruce de la F.I. con el tramo carretero en el Ejido Saltillo. Este es un sitio que continuamente es rellenado con asfalto para mantener un nivel común a ambos lados de la carretera.
7. Vista de un canal revestido ubicado al extremo sur del poblado del Ejido Saltillo. Se muestra el desplazamiento diferencial vertical de las losas del canal ubicadas al sur con respecto a las del norte que "caen" más de 30 cm (junio 30 de 1989). La mayor parte de este movimiento se llevó a efecto en solo dos años (1987-1989).

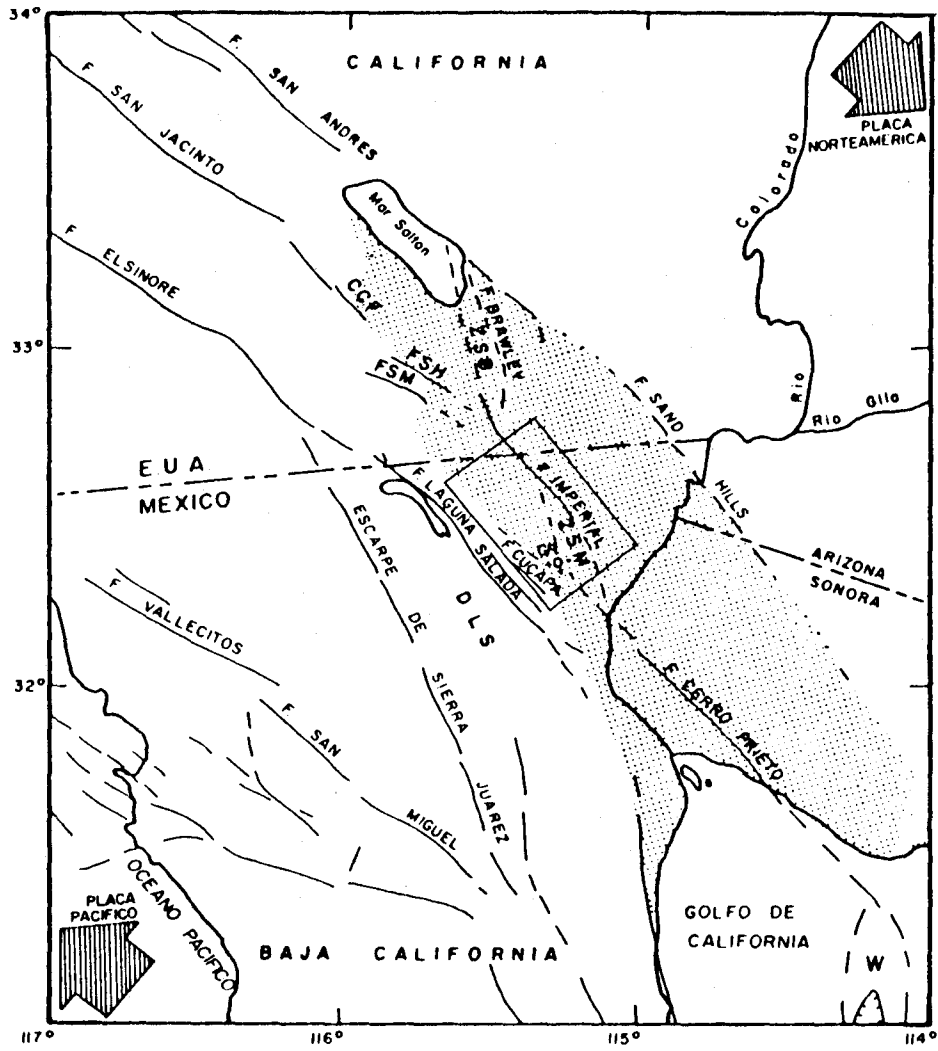


FIG. I

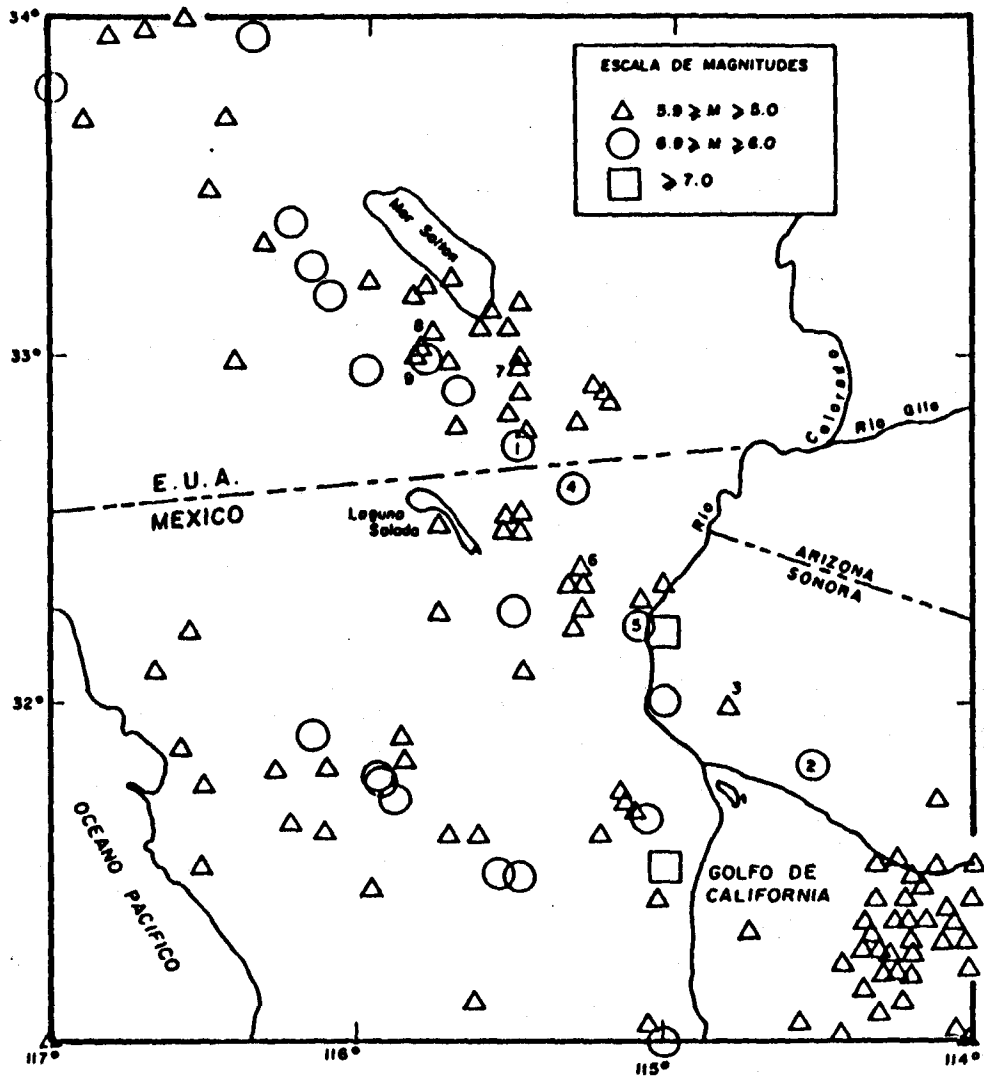


FIG. 2



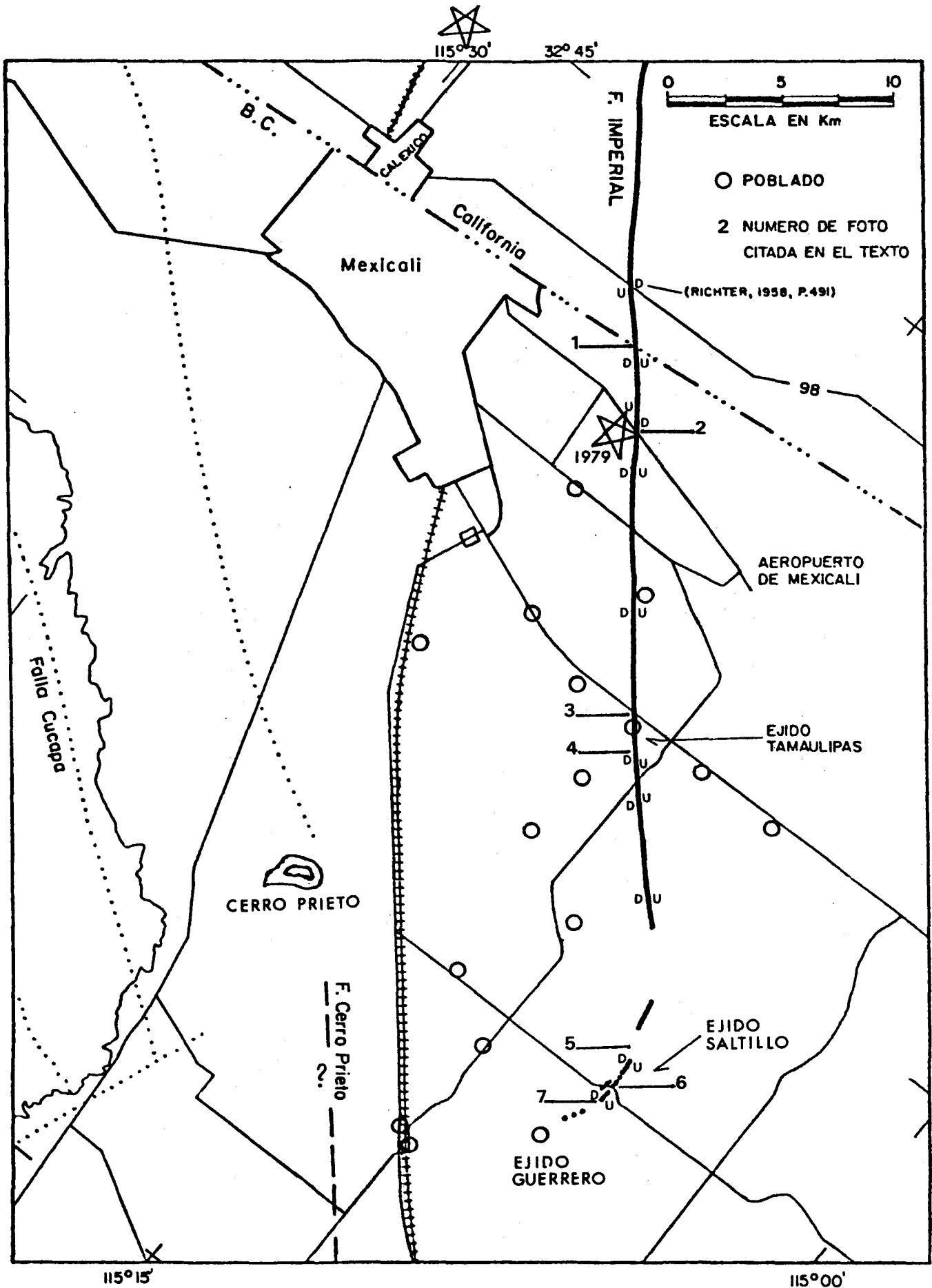


FIG. 3



