Escala = 1.800.000

Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana
Tomo XIII, pp. 21-40, figs. 4-6, cuadros 4-5, láms. 6-7. 1948

PROVINCIAS GEOLOGICAS Y CUENCAS PETROLERAS ALREDEDOR DE LOS ANGELES, CALIFORNIA, EE. UU.*

Manuel Alvarez Jr.**

CONTENIDO

Provincias geológicas
- Montañas Klamath
- Cadena Cascade
- Sierra Nevada
- Desierto de Mohave
- Desierto del Colorado
- Cadenas Peninsulares
- Cadenas Transversales
- Cadenas Costeras del Sur
- Cadenas Costeras del Norte
- Valle Grande

Historia Estructural
Cuencas oleógenas
- Los Angeles
- Ventura

Apéndice — Campo Edison

ILUSTRACIONES

Fig. 4.—Cuenca de Los Angeles
Fig. 5.—Campo de Ventura Avenue
Fig. 6.—Campo de Edison
Cuadro 4.—Columna estratigráfica de la Cuenca de Los Angeles
Cuadro 5.—Estratigrafía de la Cuenca de Ventura
Lám. 6.—Provincias geológicas de California
Lám. 7.—Campo petrolero de Ventura Avenue.

* Leído ante la Sociedad el 6 de junio de 1947.
** Geólogo. Petróleos Mexicanos.

PROLOGO

Se hace una breve descripción de las provincias geológicas de California aprovechando la magnífica síntesis que de la geología de esta región hizo Reed en su obra "*Geology of California*", publicada por la A. A. P. G.; también se hizo uso del resumen del trabajo presentado por Thomas L. Bailey denominado "*Geological development of the Ventura Basin and its petroleum deposits*", de la descripción del campo petrolero de Ventura por James Arthur y del campo petrolero de Edison por J. H. Beach, publicados en el libreto guía de una excursión,** así como de un trabajo aún no publicado del Dr. Bruce L. Clark denominado "*Major Structural Features of the California Oil-fields*". Se consideró de especial interés presentar los campos de Ventura Avenue y de Edison, pues para construir la primera sección del campo de Ventura estuvieron trabajando durante dos años todos los técnicos en ese campo, de la Shell Oil Co. y de la Tide Water Associated Oil Co. y otras compañías correlacionando la petrografía, micropaleontología y registros eléctricos de los pozos considerándose un triunfo el resultado de esta coordinación; en cuanto al campo de Edison, aunque se encuentra en la cuenca de San Joaquín que no fué tratada en detalle, se consideró que presentaba especial interés por ser el primer campo de importancia comercial que produce de rocas metamórficas del complejo basal.

INTRODUCCION

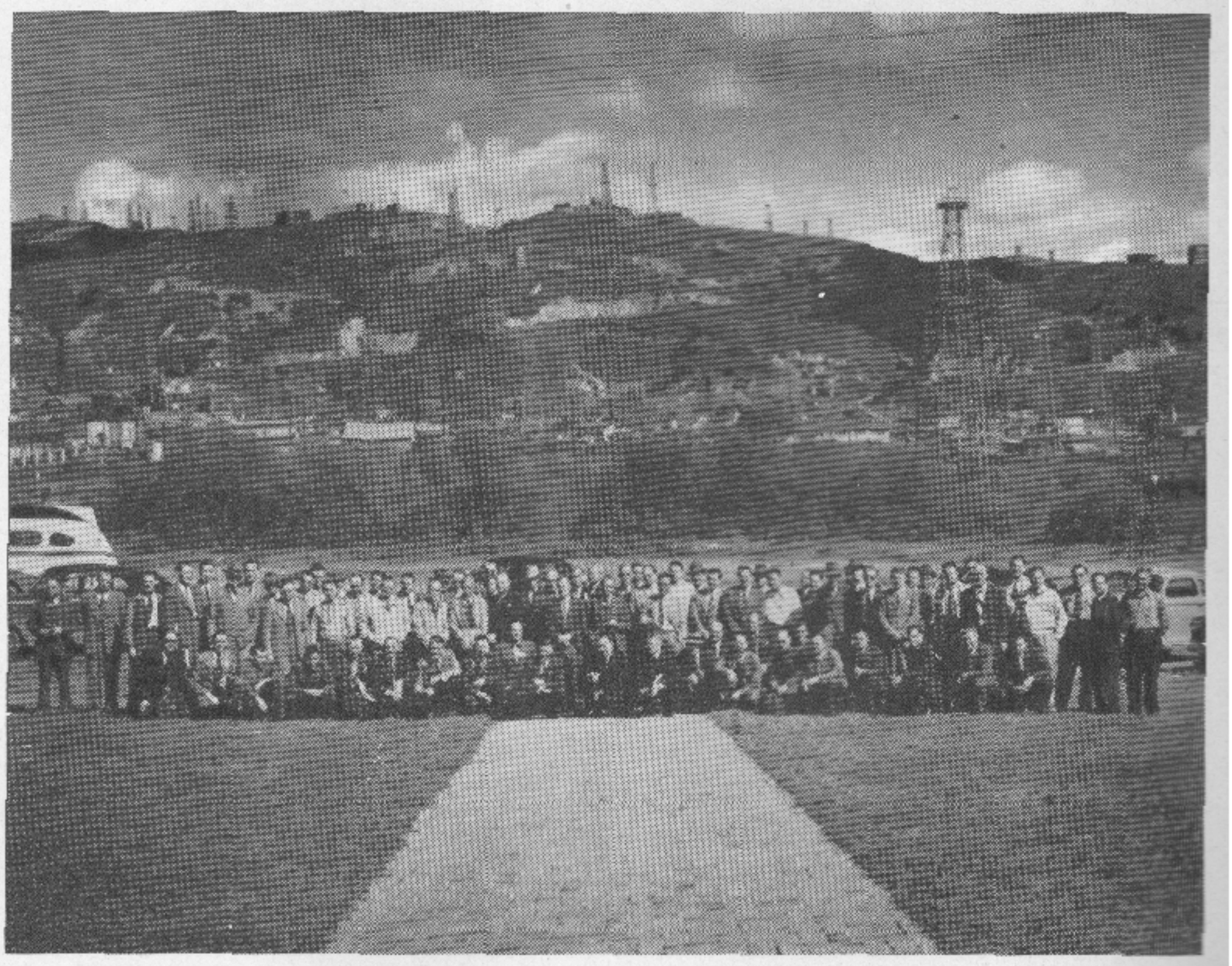
La geología de California, EE. UU., es tan compleja que se ha creído conveniente presentar, en forma muy breve, las provincias geológicas en que se ha dividido, con el fin de situar las cuencas de Ventura y Los Angeles dentro de dicho conjunto.

PROVINCIAS GEOLOGICAS

Provincia de las Montañas Klamath. Las Montañas Klamath contienen las rocas más antiguas de California. Se encuentran grandes masas de caliza y otras rocas sedimentarias de edades Devónica y Carbonífera, así como esquistos cristalinos más antiguos. Hay una pequeña proporción de rocas Triásicas y Jurásicas, y el conjunto está cubierto aquí y allá por remanentes de una cubierta que fué continua de areniscas, lutitas (shales) y conglomerados del Cretásico.* A veces, mientras se depositaban estas rocas, especialmente antes del Devónico Medio y durante la parte final del Carbonífero y la mayor parte del Mesozoico, hubo actividad volcánica en esta región, dando lugar a extensos mantos de lava y tobas interestratifi-

** A. A. P. G., marzo 24-27 de 1947.

* La ortografía corresponde a la práctica editorial de nuestro Boletín.—Nota Ed.



(Con permiso de la A.A.P.G.)

*Campo petrolero Ventura Avenue, viendo desde la mitad de la estructura hacia el oriente-nor-*oriente sobre su eje. Al frente grupo de asistentes a la Conferencia de la A.A.P.G., marzo 24-27 de 1947

cadas con las rocas sedimentarias y cubriéndolas en muchos lugares. Todo el conjunto de sedimentos está penetrado por muchos diques y masas de rocas plutónicas, tales como granodiorita y gabro. Este complejo de rocas sedimentarias e ígneas fué elevado hacia el final del Jurásico formando las Montañas Klamath. La erosión y el hundimiento durante el Cretásico las llevaron al nivel del mar; pero al final del Cretásico fueron de nuevo elevadas en diversas oscilaciones y con la erosión consecuente esculpidas hasta alcanzar su forma actual.

PROVINCIA DE LA CADENA CASCADE. Al oriente de las Montañas Klamath se encuentra una faja caracterizada por una gran cantidad de rocas volcánicas Terciarias y Cuaternarias que constituye la continuación austral de la Cadena Cascade, con el Pico Lassen y el Monte Shasta como los picos volcánicos dominantes.

PROVINCIA DE LA PLANICIE DE LAVA MODOC. Esta planicie forma la porción suroeste de la gran área cubierta de lava que cubre una gran parte del oriente de Oregón. Cerca del límite con Nevada se encuentra la Cadena Warner que ha sido descrita como una cadena típica de bloque de fallas, que forma allí el límite occidental de la Gran Cuenca (Great Basin).

PROVINCIA DE LA SIERRA NEVADA. Esta Sierra se encuentra al sur de las dos provincias anteriores y está constituída por una sola cadena. Es, sin embargo, comparable en tamaño a las Cadenas Costeras que están formadas por muchas cadenas con valles intermedios. Tiene una longitud de más de 640 kms. y una anchura media de 95 kms. o más. Tiene una altura de 4,200 m. sobre el Valle Grande y 3,300 m. sobre el valle de Owens, al oriente.

Las rocas más antiguas conocidas de la Sierra Nevada consisten de caliza, pedernal, lutita (shale) y areniscas muy alteradas ahora por procesos metamórficos. Contienen algunos fósiles suficientemente bien conservados para probar que el mar invadió el área durante parte del Paleozoico y también durante el Triásico y el Jurásico. Las rocas plutónicas, que incluyen un número considerable de tipos granitoides, son en parte más jóvenes que las últimas capas marinas, la formación Mariposa del Jurásico Superior. Rocas sedimentarias del Cretásico Superior descansan, casi horizontalmente, sobre rocas más antiguas erosionadas y metamorfoseadas, en algunas áreas a lo largo de la orilla occidental de la parte norte de la Sierra Nevada. Rocas del Eoceno, parcialmente terrestres, descansan, con echados suaves hacia el oeste, sobre rocas más antiguas en las mismas áreas. Aún más al sur rocas del Mioceno y Plioceno, también parcialmente terrestres, guardan relaciones semejantes con las rocas ígneas y metamórficas pre-Cretásicas. En la mayor parte de la cadena, sin embargo, las únicas rocas Terciarias son efusiones riolíticas y andesíticas y gravas auríferas. En las partes más altas de la cadena hay también depósitos glaciales perteneciendo a tres o cuatro etapas distintas.

Estructuralmente es un gran bloque de la corteza terrestre, inclinado hacia el oeste y buzando bajo el alu-

vión de los valles San Joaquín y Sacramento.

PROVINCIA DEL DESIERTO DE MOHAVE. La región del Desierto de Mohave cubre una vasta área cuya geología es aún muy imperfectamente conocida. Consiste de cadenas diversamente orientadas, compuestas principalmente de antiguas rocas ígneas y rocas metamórficas o de rocas volcánicas Terciarias.

Las rocas metamórficas han sido referidas al pre-Cámbrico, Paleozoico y Mesozoico. Se encuentran granitos de varias edades del Mesozoico y anteriores. No se han encontrado estratos del Cretásico en ninguna parte de la región. Las rocas volcánicas comúnmente referidas al Terciario son en parte del Mioceno; pero la edad de la mayor parte no es definitivamente conocida. Sedimentos no marinos se encuentran muy diseminados. La mayor parte están considerablemente plegados y fallados; pero son muy discordantes con las rocas ígneas y metamórficas más antiguas.

En muchos de los valles se encuentran además depósitos de playa —incluyendo materiales salinos— y algunos depósitos de limo y arena que se sabe o se supone se acumularon durante el Plistoceno.*

PROVINCIA DEL DESIERTO DEL COLORADO. Al sur de la provincia anterior se encuentra una cuenca desértica ocupada en parte por el Mar Saltón, en la cual se han reconocido playas y depósitos de fondo de un lago antiguo, posiblemente del Plistoceno, que anteriormente había cubierto la mayor parte del desierto que ahora se encuentra bajo el nivel del mar. Además de los depósitos de limos y arcillas del antiguo lago, se encuentran depósitos compuestos de efusiones volcánicas y conglomerado grueso, con una potente serie más joven de limo y arenisca marina y no marina, ya sea del Mioceno o del Plioceno.

PROVINCIA DE LAS CADENAS PENINSULARES. Las Cadenas Peninsulares se encuentran al oeste de la provincia anterior y se extienden hacia el sur más allá de la frontera mexicana. Incluyen un número considerable de cadenas, tales como las montañas de San Jacinto, Santa Ana, Santa Rosa y Coyote.

Las Cadenas Peninsulares son primordialmente un batolito muy descubierto, con solo pequeñas cantidades de cubierta metamórfica remanentes. Se han desarrollado fallas primarias de dirección noroeste-sureste, paralelas al antiguo eje de compresión y cortadas en ángulo recto por fallas secundarias formando bloques de historia morfológica individual. Las cuencas intermedias se deben principalmente a denudación y secundariamente a erosión. Las cimas presentan peneplanos y forman una serie de mesas en que la denudación casi equilibra la acumulación de material intemperizado.

PROVINCIA DE LAS CADENAS TRANSVERSALES. Esta provincia se encuentra al norte y noreste de las anteriores y se distingue por cadenas y valles complejos orientados de este a oeste. Prominentes entre estas cadenas se encuentran las montañas San Inez y Santa Mónica que constituyen los límites norte y sur de la cuenca

* El autor acostumbra escribir "Pleistoceno" pero cede a la instancia del Editor para conseguir uniformidad.

de Ventura, Oakridge, la Cadena Santa Susana, las Montañas San Gabriel y San Bernardino, y muchas otras. Entre los valles importantes se encuentra el Valle Simi, el Valle Río Santa Clara y los valles San Gabriel y San Fernando y muchos otros. Podría incluirse la Cuenca de Los Angeles, aunque ésta se encuentra propiamente en un triángulo donde dos provincias —las Cadenas Transversales y las Cadenas Peninsulares— y la plataforma continental, se unen y se fusionan.

Un rasgo característico estructural interesante es la existencia no solamente de la dirección estructural dominante este-oeste, sino de las direcciones subordinadas noroeste-sureste y noreste-suroeste. De este modo el gran homoclinal de capas masivas Cretásicas de las Lomas Simi cuya dirección es noreste-suroeste se conecta con las cadenas de Santa Mónica y Santa Susana. Cerca del paso de San Marcos hay un sinclinal orientado al noroeste-sureste marcado sobre el anticlinal este-oeste de la cadena. Esta tendencia de desarrollar estructuras cruzadas está sin duda relacionada con la historia geológica de la región, pero la relación no está aún bien clara. Una hipótesis sugiere que el área sufrió durante el Cenozoico una deformación de intensidad disminuyente a lo largo de la dirección de las Cadenas Costeras y otra con tendencia creciente en la dirección este-oeste.

Estratigráficamente, la región de las Cadenas Transversales es interesante por poseer una de las secciones de mayor espesor de rocas sedimentarias del Terciario en Norte América.

Las Cadenas Costeras, como aquí quedan definidas, están limitadas al norte por las Montañas Klamath, al este y noreste principalmente por el Valle Grande, al sur por las Cadenas Transversales y al oeste y suroeste por el Océano Pacífico. Se pueden dividir convenientemente en dos partes: las Cadenas Costeras del Norte que se encuentran al norte de la bahía de San Francisco y el estrecho de Carquinez, y las Cadenas Costeras del Sur, entre esos accidentes y las Cadenas Transversales.

Provincia de las Cadenas Costeras del Sur. El rasgo estructural dominante de las Cadenas Costeras del Sur es la falla San Andreas, que ha sido famosa desde 1906, y a la que se le ha considerado causa de la mayor parte de las irregularidades en la estructura y constitución de toda la provincia. Su existencia es cierta, pero su edad está en disputa y consecuentemente su contribución al desarrollo de las complicaciones estructurales a lo largo de su curso es también incierta. Hay muchas pruebas que durante el Reciente el distrito al suroeste de la falla ha tendido a moverse hacia el noroeste con respecto al distrito al otro lado de la falla. La característica de principal interés de la falla de San Andreas es que al norte de la parte central de la cadena de Temblor forma el límite entre una zona, al este en la cual las rocas más antiguas expuestas son las serpentinicas y la lutita (shale) fácilmente deformables, y otras rocas de la formación *Franciscan* y otro zona al oeste de la cual no se encuentra la *Franciscan*. La San Andreas, por lo tanto, es análoga aproximadamente a la zona

paralela de fallas *Nacimiento,* que forma el límite oriental de la cadena austral de Santa Lucía y a la vez el límite occidental de una área peninsular granítica que se separa de una área al oeste donde aflora la *Franciscan. El área entre estas dos grandes* zonas de fallas es un tanto diferente en estructura y estratigrafía del resto de las Cadenas Costeras del Sur, y parece haber actuado más o menos como una unidad durante partes del Cretásico y Cenozoico.

PROVINCIAS DE LAS CADENAS COSTERAS DEL NORTE. El extremo sur de *la provincia de las Cadenas costeras* del Norte no difiere mucho en ningún respecto del extremo norte de las Cadenas Costeras del sur. Más al norte hay una escasez general de estratos del Terciario, que están limitados a unas pocas cuencas pequeñas y a las áreas marginales. La mayor parte de las cadenas y valles sólo contienen *rocas Mesozoicas y depósitos* post-Terciarios. Su estructura compleja, pobres afloramientos en muchos lugares, y escasa importancia económica han contribuído a la falta de trabajo geológico de detalle excepto en algunas áreas.

PROVINCIA DEL VALLE GRANDE. La llanura que yace entre las Cadenas Costeras y la Sierra Nevada está drenada por los ríos San Joaquín y *Sacramento. Tiene aproximadamente* 720 kms. de largo, extendiéndose desde Redding al norte hasta la boca del cañón Grapavine, cerca del viejo Fuerte Tejón al sur. Su ancho varía considerablemente, pero tiene un promedio de unos 60 kms. La parte central de la planicie está cubierta por aluvión; en muchos lugares en sus bordes afloran rocas del Terciario o del Cretásico o ambas. En el lado occidental, por ejemplo en las lomas Kettleman, las formaciones están considerablemente plegadas y falladas. En el lado oriental yacen relativa*mente sin perturbación sobre la vieja* superficie de rocas pre-Cretásicas que continúa con relieve bajo en el flanco occidental de la Sierra Nevada. En la porción central del valle de Sacramento las bufas de Marysville interrumpen la llanura y cubren una área de cerca de 50 kms. cuadrados. Son los remanentes de un volcán del Plis*toceno (?), que se abrió paso sobre* el sitio de un lacolito emplazado en alguna etapa del Plioceno. La disección de las rocas por la erosión ha dejado en descubierto la secuencia de rocas sedimentarias del valle.

HISTORIA ESTRUCTURAL

Durante frecuentes intervalos de su historia la región de California ha *sido el escenario de actividad* diastrófica y volcánica. Los episodios anteriores al Carbonífero no están claros porque, de las rocas sedimentarias de esas épocas tempranas a muy pocas aún puede asignárseles edad con precisión o correlacionarse satisfactoriamente. Aún el período volcánico Pérmico es poco conocido por la misma *razón. Parece haber afectado, sin* embargo, a la región de la Sierra Nevada, y ocasionado la introducción y metamorfismo de la Serie Sur y rocas equivalentes de las Cadenas Costeras. Si esto es cierto, fué una época de extensa intrusión de batolitos graníticos. En el subsiguiente período Triásico hubo mucho volcanismo en el

norte de California y quizá en otros lugares. Durante el Jurásico hubo dos etapas de volcanismo, la última de las cuales acompañó a la orogenia de la Córdillera Nevadiana. En muchas de las áreas donde se encuentran las rocas del Jurásico en California, estas han sido cortadas por batolitos, mineralizadas, profundamente desmoronadas, o metamorfoseadas. En todos estos respectos se asemejan a las rocas de períodos anteriores, y difieren notablemente de las rocas del Cretásico y posteriores de la mayor parte de las áreas. En la parte occidental de la Sierra Nevada, por ejemplo, las rocas del Jurásico están plegadas isoclinalmente y profundamente alteradas. Sobre sus márgenes volteados hacia arriba yacen estratos del Cretásico Superior poco perturbados con respecto a su posición original y carácter. La separación entre las rocas del Jurásico y las del Cretásico, en estructura, metamorfismo, y relación a las rocas plutónicas, es para muchas áreas la más profunda en toda la columna geológica.

En las Cadenas Costeras se encuentra una separación semejante entre el Jurásico Superior y el Cretásico debido a intrusiones y extenso metamorfismo por rocas básicas. Al principio del Cretásico, o un poco después, todo California sufrió una serie de cambios diastróficos profundos acompañados por volcanismo de varios tipos; tanto en la Sierra Nevada como en las Cadenas Costeras, y muy especialmente en la parte oriental de California la estructura de las rocas había llegado a ser intrincadamente plegada y fallada. La topografía fué montañosa cualesquiera que haya sido la altura general. A juzgar por la litología y distribución de los sedimentos posteriores, la zona costera de California sólo tuvo alturas montañosas local y temporalmente si acaso, mientras que la parte oriental se convirtió en una zona elevada soportada por un basamento tan rígido que no volvió a ceder a los esfuerzos orogénicos hasta mediados del Terciario, y desde entonces nunca se ha hundido, excepto localmente (Valle de la Muerte y Desierto del Colorado), bajo el nivel del mar.

El hundimiento del Cretásico fué muy extenso en el oeste de California, y fué localmente extremoso, 9,000 m. o más, bajo la superficie del mar. Parece haber sido muy variable en magnitud, sin embargo, puesto que hay muchos cambios de espesor de un lugar a otro. Estos cambios sugieren que las variaciones en hundimiento estuvieron relacionadas al desarrollo de pliegues los cuales, en muchos casos, han ejercido una influencia dominante sobre toda la historia estructural posterior de las Cadenas Costeras.

Hacia el final del Cretásico hubo quizá un período de plegamiento y fallamiento poco intenso. Durante la época del Eoceno que le siguió, hubo cuando menos un desplazamiento parcial de los lugares de hundimiento más rápido. La época del Oligoceno, en conjunto, parece haber sido un período emergente y de depósito continental, pero algunas de las áreas al sur y oeste del Valle de San Joaquín estuvieron más o menos continuamente bajo el mar.

Durante el Mioceno el mar se extendió ampliamente sobre la zona cos-

tera de California y avanzó tierra adentro en algunos lugares más allá que lo que había alcanzado el mar Eoceno. Hay gran diferencia en los depósitos de lugar a lugar, sin embargo, y algunas de las áreas plegadas y *falladas estuvieron sobre el nivel del* mar durante mucho o todo el período. Alrededor del Mioceno Medio tuvo lugar la culminación de un período muy importante volcánico y diastrófico. El volcanismo fué muy extenso en las Cadenas Costeras del Sur, las Cadenas Transversales, en la Sierra Nevada y sobre la región oriental de*sértica. La fecha exacta de estas efu*siones, intrusiones y erupciones no siempre es clara, pero los datos acumulados tienden a probar que fueron muy prominentes durante la formación *Temblor*, culminando hacia su fin, para cesar durante las etapas *Monterrey-Santa Margarita*. En la región oriental de California los procesos *volcánicos dieron lugar a grandes* efusiones de lava que interrumpieron el drenaje que hasta entonces había fluído continuamente hacia el oeste desde el Jurásico. Estuvieron estas efusiones acompañadas por fallamiento y quizá éste fué suficientemente extenso e intenso para explicar la interrupción del drenaje sin mucha ayuda de las efusiones de lava.

En conjunto, el diastrofismo del *Mioceno Medio abarcó plegamiento* local, extenso fallamiento y desarrollo de cuencas, y la extrusión de una gran variedad de lavas de muchos centros.

Uno de los rasgos característicos de la historia Cenozoica de California es la rapidez con la cual fueron restauradas las condiciones aproximadas pre-Miocénicas después del diastrofismo del Mioceno Medio. El mar del Plioceno se extendió un tanto más ampliamente que el del Oligoceno, y fué abastecido con detritos semejantes en textura y litología general a los *del Oligoceno*, o Eoceno. Este hecho significa que las cuencas orientales se *llenaron y que los drenajes interrum*pidos empezaban a ser restaurados hacia el final del Mioceno, o poco después. Puesto que una alta proporción de los detritos gruesos del Plioceno parece venir de las Cadenas Costeras más bien que de la antigua tierra oriental, es probable que hubiera tierras más altas en las Cadenas Costeras en esta época que las que hubo en el Oligoceno. La magnitud de hundi*miento de las diferentes áreas fué de* nuevo muy variable durante el Plioceno, variando desde 4,500 m. en la parte media de la Cuenca de Ventura a una fracción de esa cantidad a unos cuantos kilómetros de distancia. De hecho, algunas áreas de las Cadenas Costeras parecen haberse elevado intermitentemente durante toda la época. Hacia el final del Plioceno la mayor parte de las cuencas dejaron de *hundirse tan rápidamente como antes* y se llenaron hasta, o sobre, el nivel del mar. En las cuencas más importantes el depósito marino, o terrestre continuó hasta una parte de lo que ahora se considera Plistoceno. Entonces los pliegues que habían estado creciendo gradualmente desde el principio del Terciario o aun desde el Cretásico, súbitamente empezaron a crecer a una velocidad muy acelerada. Muchos de ellos pronto se volvieron recumbentes y aún hojas de cobijadu-

ra.* Probablemente en algunos casos fallas antiguas sufrieron tanto movimiento que se enmascaró la evidencia de su anterior existencia. Seguramente se formaron nuevas fallas en todo el estado, pero algunas de las antiguas no se movieron. El levantamiento de la Sierra Nevada fué tan acelerado que la mitad de la altura actual data de esa fecha. Probablemente las Cadenas Costeras fueron elevadas a más de su altura actual en la misma fecha. Fuerte plegamiento y fallas inversas estuvieron a la orden del día, con acompañamiento casual de fallas normales.

En contraste con las condiciones de fines del Jurásico, o del diastrofismo del Mioceno Medio, el del Plistoceno no estuvo acompañado por mucho volcanismo, excepto en las Montañas Cascade y localmente en el oriente de California y otros lugares.

CUENCAS PETROLERAS (U OLEÓGENAS)

Cuenca de Los Angeles. Está limitada al norte por las Montañas San Gabriel que están formadas por una serie de bloques elevados a lo largo de fallas de fuertes echados. Esta mesa montañosa consiste de granitos y rocas metamórficas de varios tipos, de edad Paleozoica o de principios del Mesozoico. La cresta de la porción principal de esta cadena varía entre 2,100 y 2,400 m. y varios de los picos tienen 3,000 m. o más de altura. Hay razones para creer que las Montañas San Gabriel estuvieron expuestas durante la mayor parte del Cretásico y del Terciario. Al noroeste la cuenca está limitada por las Montañas de Santa Mónica que forman el límite sur de la Cuenca de Ventura. El borde este-sureste está constituído por la provincia geológica de las Cadenas Peninsulares ya descrita.

Todos los campos productores de la cuenca de Los Angeles, con excepción de uno, se encuentran al oeste de la falla Cristianito. Las únicas rocas expuestas en esta área son del Mioceno, Plioceno, o Plistoceno. El plegamiento es tan suave que solamente capas del Plioceno y Plistoceno están expuestas en la mayor parte del área, especialmente al sur de la falla de Whittier.

Una sección noreste-suroeste a través de la cuenca muestra algunos cambios marcados en el espesor y en la secuencia. Comenzando en el sur con las lomas de San Pedro hay como 600 m. de areniscas y lutitas (shales) del Mioceno, que descansan en discordancia sobre rocas Franciscan. Las capas del Mioceno, a su vez, yacen en discordancia bajo una sección relativamente delgada de depósitos del Plioceno y Plistoceno. La misma secuencia se encuentra en el área de Torrance al noreste, pero al cruzar la falla de Inglewood el espesor de la sección aumenta abruptamente y hay pozos que han penetrado más de 300 m. de aluvión del Plistoceno, bajo los cuales hay varios miles de metros de depósitos del Plioceno y Mioceno. En esa área las rocas Franciscan, que yacen en discordancia bajo capas del Mioceno Inferior, fueron penetradas por varios pozos a profundidades entre

* "Sobrescurrimientos" ya se ha generalizado en varios países para significar "overthrust masses". Nota Ed.

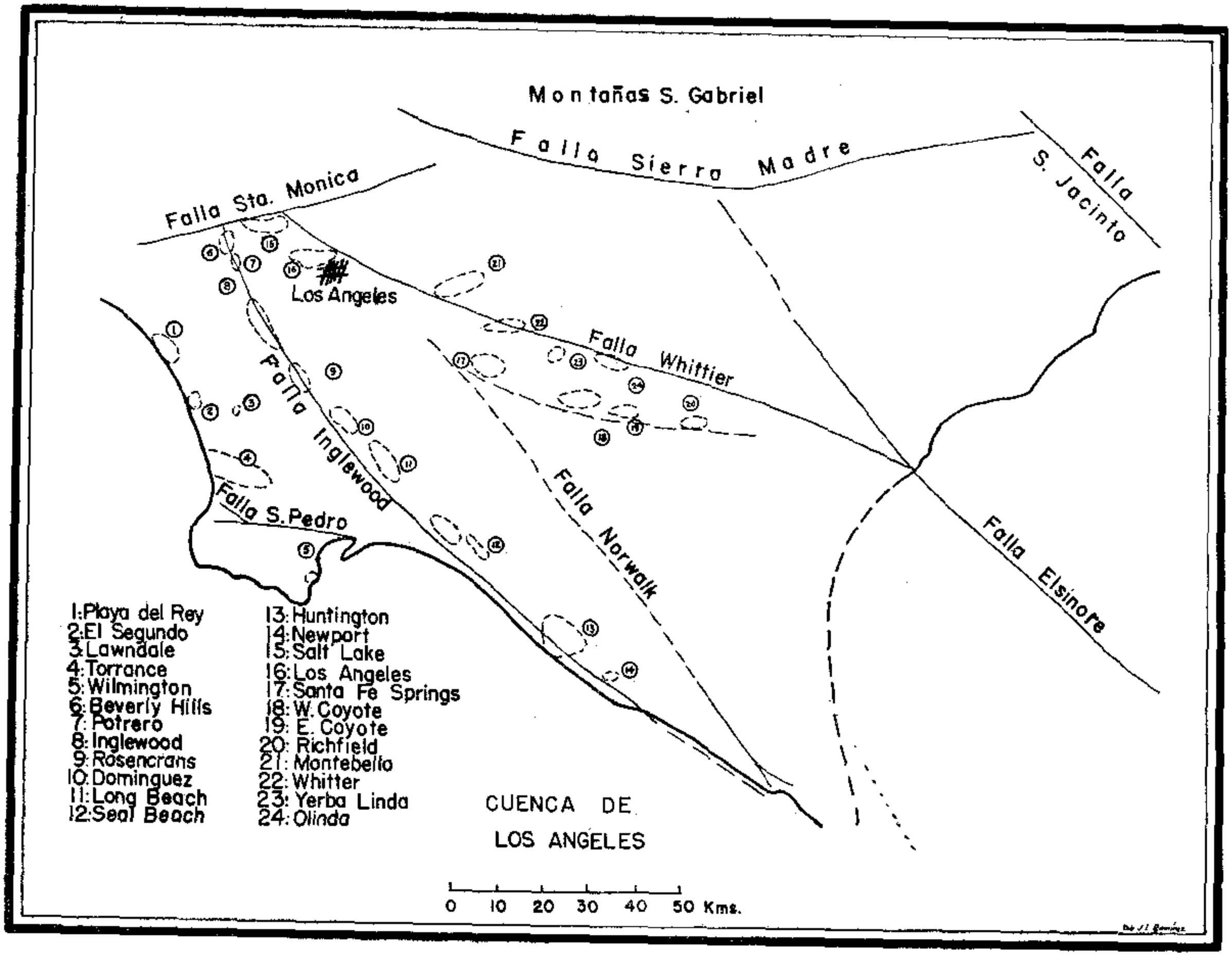

Montañas S. Gabriel
Falla Sierra Madre
Falla S. Jacinto
Falla Sta. Monica
Los Angeles
Falla Whittier
Falla Inglewood
Falla Norwalk
Falla S. Pedro
Falla Elsinore
1:Playa del Rey
2:El Segundo
3:Lawndale
4:Torrance
5:Wilmington
6:Beverly Hills
7:Potrero
8:Inglewood
9:Rosencrans
10:Dominguez
11:Long Beach
12:Seal Beach
13:Huntington
14:Newport
15:Salt Lake
16:Los Angeles
17:Santa Fe Springs
18:W. Coyote
19:E. Coyote
20:Richfield
21:Montebello
22:Whitter
23:Yerba Linda
24:Olinda
CUENCA DE
LOS ANGELES
0 10 20 30 40 50 Kms.

Figura 4

los 1,500 y 1,800 m. Hacia el este de la falla de Inglewood la mayor parte de los pozos no ha atravesado el Plioceno y solamente algunos de los pozos más profundos han penetrado capas del Mioceno. Los depósitos del Plistoceno de esta sección tienen un espesor máximo de más de 600 m. mientras que los sedimentos del Plioceno tienen cerca de 1,500 m. Se desconoce el espesor de los depósitos del Mioceno pero los trabajos sismológicos indican que hay muchos miles de metros de sedimentos antes de alcanzarse el complejo basal. Aquí indudablemente la base de los sedimentos del Mioceno se encuentra a varios miles de metros más profunda que en el área de Torrance al oeste de la falla de Inglewood.

Trabajos sismológicos han mostrado que existe otra falla entre las Fallas Inglewood y Whittier que ha sido denominada la falla Norwalk. Esta falla está sepultada bajo un espesor considerable de sedimentos y parece que limita por el oeste a la parte más profunda de la cuenca. Es posible que se encuentren depósitos del Cretásico y Eoceno bajo esta porción de la cuenca, pero si tal es el caso, están sepultados a demasiada profundidad para ser alcanzados por la perforación. Esta porción profunda de la cuenca se encuentra limitada al noreste por la falla Whittier, al norte de la cual, en el área de las lomas Puente, están expuestos sedimentos del Mioceno; conglomerados y areniscas del Plioceno se encuentran descansando sobre las capas del Mioceno en la vecindad de la zona de falla. En el área al oriente de la falla Whittier pozos han penetrado el complejo basal a unos cuantos miles de metros. En el área al norte de Montebello la continuación de la zona de falla Whittier está sepultada. En el lado norte de esta porción sepultada de la falla la estructura está complicada por otro fallamiento. Probablemente se encontrará que en esta área el complejo basal es mucho más profundo que en el área de las lomas Puente. Los sedimentos marinos al norte de la zona de Falla Whittier tienen su límite boreal a lo largo de la zona de falla que limita el lado sur de las Montañas de San Gabriel. La antigua playa del Mioceno se encontraba a lo largo del lado sur de esta masa montañosa.

Las fallas que cortan la cuenca de Los Angeles, son más antiguas que los sedimentos que cortan. La sismología muestra que el desplazamiento es mucho mayor en los sedimentos profundos a ambos lados de la falla de Inglewood que en los más cercanos a la superficie; este también es el caso para la falla Norwalk. La relación de los sedimentos del Plioceno a la falla de Whittier también indica que la falla es cuando menos pre-Pliocénica y probablemente más antigua.

Examinando la posición de las fallas primarias y la de los principales plegamientos con respecto a ellas, puede notarse que la mayoría de estos pliegues tienen una relación íntima con las fallas. El plegamiento es muy reciente, y en muchos casos como en la loma Signal, lomas Coyotes y lomas Montebello, las lomas mismas son anticlinales y están compuestas de sedimentos del Plistoceno relativamente suaves. En estas áreas el plegamiento ha sido tan rápido que en

algunos lugares la superficie que existía antes del plegamiento está aún bastante bien conservada en las cimas y flancos de las lomas que tienen una elevación de varios cientos de metros. En algunos casos los plegamientos del área de la cuenca están indicados solamente por un ligero levantameinto del aluvión; estas estructuras se conocen como altos topográficos.

Uno de los mejores ejemplos de plegamiento asociado con fallamiento es el que se encuentra a lo largo de la falla de Inglewood, la cual no es continua en la superficie y, sin embargo, como lo muestran los registros de los pozos, es una zona primaria de falla, a lo largo de la cual ha habido un desplazamiento vertical de varios miles de metros. Puede verse que hay una serie de pliegues en el borde de la zona de falla; cada uno de estos pliegues encierra un campo petrolero. Algunos son pequeños domos de los sedimentos en los bordes de la falla; pero otros son anticlinales bien desarrollados, los dos mayores son Signal Hill y el anticlinal Domínguez.

El plegamiento del tipo encontrado a lo largo de la zona de falla Inglewood es el resultado de movimientos verticales y horizontales a lo largo de la falla durante el tiempo de comprensión. Plegamiento de este tipo es una característica muy común en las áreas de los bordes a lo largo de fallas primarias que cortan sedimentos incompetentes. El arreglo escalonado (en echelon) de estos pliegues es también un rasgo característico.

Hay varios campos petroleros localizados en pliegues al oriente y poniente de la zona de falla Inglewood, los cuales no están asociados con fallamiento en la superficie, ni los pozos han dado ninguna prueba de fallas primarias. En el área entre las fallas Inglewood y Whittier hay cuatro campos petroleros situados en cuatro pliegues escalonados; son estos campos Santa Fe, Coyote, Richfield y Yerba Linda. Estos pliegues son del mismo tipo que los que se encuentran a lo largo de la falla Inglewood y de otras fallas numerosas que aparecen en la superficie. Parece razo nable suponer que estos pliegues tam bién se originaran a lo largo de un falla; si es así, está sepultada a ba tante profundidad.

A juzgar por el plegamiento en área de Torrance, ésta parece que encuentra también cortada por falla Los campos de Torrance y Playa d Rey se encuentran escalonados. E relación sugiere una falla a lo lar de la costa norte de las lomas de S Pedro. Es posible que sea la ext sión de la falla primaria que se cuentra en el lado noreste de las lor de San Pedro. Los pozos en esta á alcanzaron la serie Franciscan a profundidad entre los 1,500 y 1, metros. El petróleo se encuentra capas del Plioceno Inferior.

La falla Whittier, que marc lado norte de la parte más prof de la cuenca de Los Angeles, está deada por varios campos de los les los más importantes son La Olinda y Whittier. El petróleo d área se encuentra en depósito Plioceno y Pistoceno sobre el sur de la falla; se presenta en yor parte en estructuras monoc donde las capas del Plioceno ha cortadas contra la falla. Hay ta algo de plegamiento a lo largo

línea que explica varios campos locales.

El extremo norte de la cuenca de Los Angeles está determinado por la falla de Santa Mónica. Ha habido un desplazamiento de varios miles de metros en esta falla antigua; solamente están expuestos los sedimentos del Plioceno y Plistoceno a lo largo de su lado sur, donde ha habido algo de plegamiento contra la falla. Dos de los campos más antiguos se encuentran en esta área marginal, el campo de Salt Lake y el de Los Angeles; el petróleo en estas áreas ha sido prácticamente agotado.

CUADRO 4.—*Columna estratigráfica de la Cuenca de Los Angeles.*

EDAD	FORMACIONES	CARÁCTER LITOLÓGICO	ESPESOR EN METROS
Reciente	Aluvión	Arenas, arcillas y gravas	0–300
Plistoceno Superior	Palos Verdes	Terrazas marinas	
	San Pedro Sup. de Arnold	Arenas marinas arcillas y gravas	0–90
		Discordancia	
Plistoceno Inferior	San Pedro	Areniscas claras fosilíferas de grano medio a fino.	
	San Pedro Inf. de Arnold		120
	Zona de Timms Point	Arcillas marinas lutitas y areniscas con forams.	30–60
	Zona Las Posas	Lutitas margosas con abundantes forams.	1–90
		Discordancia local	
Plioceno	Pico	Areniscas, lutitas y conglomerados	730–1100
	Repetto	Lutitas y limo con forams.	760–1525
		Discordancia local	
Mioceno	Modelo-Sta. Margarita-Puente Sup.	Lutitas orgánicas con forams. y diatomeas	1220–2135
	Topanga-Puente Inf.-Vaqueros	Areniscas gruesas conglomerados lutita. Areniscas grises alternando con arcillas verdes y rojas	915–1220
Oligoceno y Eoceno Medio no [illegible]	Sespe	Arcillas rojas y verdes areniscas y conglomerados. Continental. Areniscas y lutitas	150–185
		Discordancia	
	Chico	Areniscas medias a gruesas	1030
	Trabuco	alternando con lutitas oscuras	90–230

Gran periodo de deformación con intrusiones graníticas.

Franciscan

CUENCA DE VENTURA. La Cuenca de Ventura, orientada este-oeste, de los condados del sur de Santa Bárbara, Ventura y Los Angeles oriental es una de las cuatro cuencas productoras importantes de California. Ya ha producido más de 85 millones de metros cúbicos de petróleo y contiene una gran reserva probada. Esta cuenca tiene 190 kms. de largo y de 30 a 60 kms. de ancho; se encuentra entre las montañas Santa Inés-Topatopa en el norte y las montañas Santa Mónica, Islas Channel en el sur.

El eje actual de la cuenca sigue aproximadamente al río Santa Clara desde su nacimiento a su desembocadura cerca de Ventura. La mayor parte de la mitad occidental de la cuenca, entre Ventura y Punta Concepción

CUADRO 5.—*Estratigrafía de la Cuenca de Ventura.*

EDAD	FORMACIONES	CARÁCTER LITOLÓGICO	ESPESOR EN METROS
Plistoceno Superior	Depósitos de terraza	Arenas y gravas de origen marino y continental	90
		Gran deformación	
Plistoceno Inferior	Las Posas (marina) Saugus (continental) Santa Bárbara Sup.	Areniscas, conglomerados, limos continentales al oriente marinos al centro y al poniente	150–1525
		Discordancia local	
Plioceno	Santa Bárbara Inferior.	Areniscas marinas, lutitas con caliza, conglomerados arcillas lutitas	3–610
	Pico		3050
	Repetto	Areniscas marinas conglomerados, arcillas	1065
		Discordancia local	
Mioceno	Santa Margarita	Areniscas y lutitas orgánicas	460
	Modelo Superior	Lutitas orgánicas	
	Monterey	Lutitas con lentes calcáreas	460–800
	Lutita (Shale) Rincón	Lutitas azul grises con concreciones calcáreas	400–670
	Vaqueros	Areniscas gruesas grises con lutitas intercaladas	60–305
Oligoceno	Sespe	Areniscas, lutitas jaspeadas	730–2285
	Gaviota	Arenisca arcósica	610
	Tejón	Areniscas y lutitas	
Eoceno Sup.	Llajas	Areniscas conglomerados, lutitas y limos	365
Eoceno Medio	Santa Susana	Lutitas con algo de areniscas	550
Eoceno Inf.	Martínez	Areniscas, conglomerados y lutitas	730
Cretásico	Chico	Areniscas, conglomerados y lutitas	1830–2440

yace bajo las aguas del Canal de Santa Bárbara. La cuenca empezó a formarse durante el Cretásico Superior y se han depositado más de 12,000 m. de sedimentos del Cretásico Superior, Terciario y Cuaternario sobre un complejo compuesto de Jurásico y rocas plutónicas anteriores y rocas sedimentarias más o menos metamorfoseadas.

Durante el Eoceno, el eje de la cuenca estaba localizada más al norte, cerca de la cresta actual de las montañas Santa Inés-Topatopa, y 2,400 a 4,200 m. de areniscas marinas y lutitas arcillosas más o menos orgánicas se depositaron principalmente durante el Eoceno Superior. Sin embargo, al final del Eoceno la parte sureste de la cuenca se encontraba sobre el nivel del mar y se acumularon 900 m. de capas continentales rojas del Sespe Inferior. El plegamiento local en esta área sudoriental acompañó una retirada progresiva general del mar de toda la cuenca, excepto al extremo occidental hacia el final del Eoceno.

El Oligoceno estaba caracterizado por que el mar se retiró hacia el oeste y por el depósito de 600 a 2,250 m. de capas rojas no marinas derivadas de montañas que se elevaron a ambos bordes de la cuenca. En la porción noroeste el final del Oligoceno se caracterizó por un levantamiento suave y erosión. Hacia el final del Oligoceno o principios del Mioceno tuvo lugar un plegamiento local bastante intenso en la parte sureste.

El Mioceno fué un período de sumersión progresiva acompañado por la acumulación de 600 a 1,500 m. de lutitas (shales) biogenéticas, bituminosas, laminadas en una paleobahía marina que cubrió la mayor parte de la cuenca y en algunos lugares pasó sobre la orilla norte, conectando así con el mar de la cuenca de San Joaquín. Hay una arena petrolífera ampliamente distribuída y sedimentos clásticos fueron depositados en todas las áreas marginales. La sedimentación máxima tuvo lugar cerca del margen sur y hacia el extremo oriental. Cerca del margen sur se acumularon cuando menos 3,900 m. de clásticos, cortados por gruesos mantos y diques e incluyendo masas lenticulares de rocas volcánicas submarinas y piroclásticas hasta de 1,500 m. de espesor, en un geosinclinal que se hundía durante el Mioceno Medio. Movimientos orogénicos ocurrieron a lo largo de ambas orillas boreal y austral de la cuenca de Ventura, cerca del final del Mioceno, pero el depósito continúa prácticamente sin interrumpir en todo el Plioceno y Plistoceno Inferior en el centro de la cuenca. El anticlinal de Oak Ridge, sobre el que actualmente se encuentran localizados varios campos, fué elevado sobre el mar como un pliegue suave durante este tiempo y puede haber empezado alguna migración de petróleo.

En el Plioceno y Plistoceno Inferior se desarrolló un geosinclinal profundo y angosto, de 12 a 15 kms. al norte del eje del geosinclinal del Mioceno Medio mientras que las montañas de sus bordes se elevaban y sufrían un proceso de erosión. Este geosinclinal del Plioceno se extendió desde el valle superior de Santa Clara hacia el oeste cuando menos 15 kms. más allá de Ventura, e incluyó el área ahora ocupada por los campos petrolíferos a lo largo del anticlinal de Ventura, desde Ventura Avenue hasta

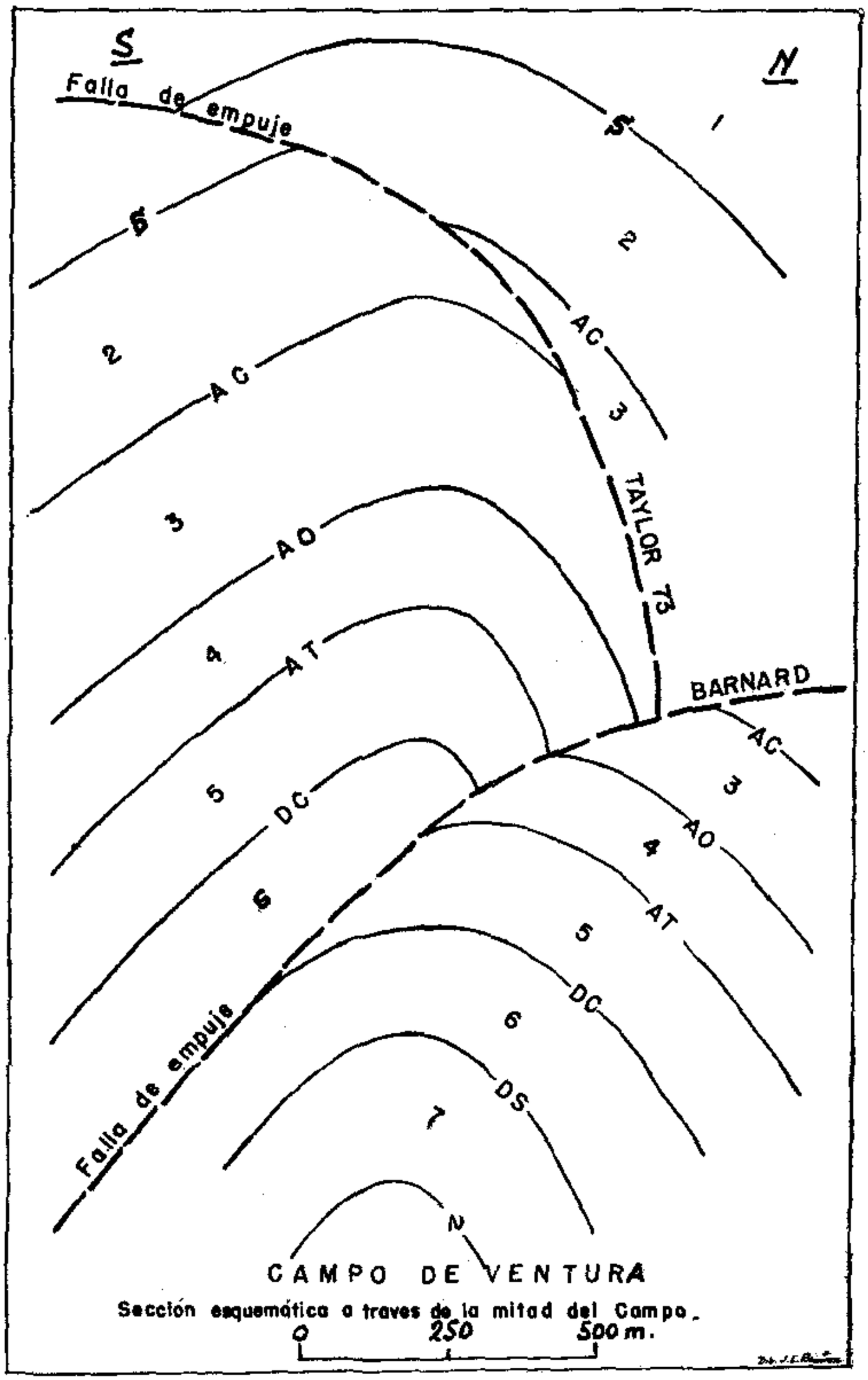


FIG. 5. En la falla Taylor 73 el movimiento relativo es hacia la izquierda el bloque superior y hacia la derecha el inferior. En la falla Barnard es alrevés.

Rincón. De 4,500 a 6,000 m. de sedimentos muy gruesos a finos, terrígenos a marinos se acumularon en la parte central de esta depresión que se hundía. Alrededor del Plioceno Medio otra orogenia plegó y posiblemente afalló hasta cierto punto South Mountain-Oak Ridge, y otros anticlinales en el sur, así como rejuveneció las bajas Montañas Santa Inés-Topatopa al norte, e inició pliegues y fallas piemonteses a lo largo de los cuales se encuentran ahora los campos de Elwood y Capitán. Durante el Plioceno Superior o muy al principio del Plistoceno (Santa Bárbara) tuvo lugar otro hundimiento general con avance del mar sobre los márgenes de la cuenca, incluyendo los anticlinales más o menos peneplaneados y petrolíferos tales como Oak-Ridge y Elwood-Goleta.

La culminación de la orogénia de las Cadenas Costeras, que plegó y afalló intensamente los piemontes petrolíferos y las montañas, fué durante el Plistoceno Medio. El mar se retiró de toda la cuenca y el gran anticlinal de Ventura, cerca del centro de la máxima sedimentación del Plioceno, fué plegado elevándose varios miles de metros sobre el nivel del mar; se formaron entonces las trampas dentro de las cuales se emplazó el petróleo de los prolíficos campos del Plioceno. Las grandes fallas de empuje de San Cayetano, Red Mountain, Oak Ridge, etc., con desplazamiento hasta de 6,000 m. y otros tipos de fallas se desarrollaron principalmente durante esta orogénia y han continuado aumentando su desplazamiento hasta el Reciente.

El anticlinal de Ventura tiene unos 27 kilómetros de largo y se extiende desde el cañón Aliso hacia el oeste hasta el Océano Pacífico. Hay cuatro campos de importancia en este pliegue anticlinal, Ventura Avenue, San Miguelito, Cañón Padre y Rincón.

El campo de Ventura Avenue está localizado en la porción oriental del anticlinal y en la cima de la estructura. Este campo tiene como 8 kms. de largo y una anchura máxima de 1,600 m. Como muchos campos del sur de California, el campo de Ventura Avenue está compuesto de muchos receptáculos separados localizados unos encima de otros. Debido a lo fallado del campo se repiten las zonas petroleras y hay una que se repite hasta cuatro veces. La producción actual del campo es de 7,500 m. cubicos diarios. En 1929 alcanzó un máximo de 10,500 m. cub. Con las nuevas extensiones se puede suponer que la recuperación final pasará de 85 millones de metros cúbicos. Hasta ahora ha producido 50 millones de metros cúbicos. La gravedad específica del petróleo varía entre 27 a 35° A. P. I. La relación gas-aceite media es de 430 a 1.

El petróleo se produce de las capas Pico y Repetto del Plioceno. Hay expuestos como 6,000 m. de rocas post-Miocenas en el cañón Wheeler, y 3,300 m. de Pico y Repetto en el cañón Aliso, ambos al oriente del anticlinal de Ventura.

Estructuralmente el campo es muy complicado, pues tiene tres fallas de empuje en su porción occidental extendiéndose dos de ellas a través de la parte oriental. Estas fallas han sido dominadas de arriba a abajo Taylor 73, Taylor y Bernard. Las dos

superiores son más o menos paralelas aparentemente debidas a presión del norte y cortan oblícuamente a través de la estructura en una dirección noreste y la más profunda parece deberse a una presión del sur; esta falla de empuje tiene un rumbo aproximadamente paralelo al del anticlinal. Repeticiones en estas fallas de empuje varían entre 0 y 360 m. Además de estas tres fallas principales hay otras fallas de empuje secundarias con desplazamientos de 5 a 150 m. Algunas de ellas son fallas cruzadas y actúan como barreras de acumulación en algunas zonas. Hay considerables pruebas de que los planos de las fallas principales han sido plegados. En la superficie no aparece ninguna señal de la existencia de estas fallas de empuje.

La producción del campo de San Miguelito proviene de capas semejantes a las de Ventura, mientras que las de Rincón y Padre Canyon provienen de capas más recientes de la formación Pico. Se ha estimado que algunos pozos han penetrado hasta una distancia aproximada de 120 m. de la cima del Mioceno. La producción se obtiene de profundidades que varían entre 1,140 y 3,900 m.

APENDICE

Campo de Edison. El campo de Edison está localizado en el lado oriental del Valle de San Joaquín cerca de 19 kms. al este de la ciudad de Bakersfield, Condado Kern, California. El campo fué descubierto en 1934 cuando se obtuvo producción comercial en arenas marinas y no marinas del Mioceno. Hasta el descubrimiento de petróleo en las rocas metamórficas todos los posibles horizontes petroleros se consideraban probados y muchos pozos habían atravesado toda la sección sedimentaria. En junio de 1945, un pozo en el extremo noreste del campo se llevó hasta atravesar 25 m. dentro de los esquistos cristalinos y se terminó en ellos con una producción inicial de 90 m. cúb. diarios de petróleo de 19.2 grados A.P.I. Hasta enero 1º de 1947 se habían terminado 106 pozos en el complejo basal con una capacidad de producción estimada en 7,000 m. cúb. diarios. La zona de producción del basamento se ha extendido sobre 640 hectáreas e incluye la mayor parte del área que produce de los sedimentos.

La capacidad del complejo basal para producir depende de la cantidad de vacíos comunicados que se encuentran en las rocas metamórficas fracturadas en posición estructuralmente favorable en el levantamiento de Edison. La penetración lograda en el basamento varía de 6 a 430 m. con un máximo de 405 m. de zona petrolera.

Estructuralmente, el campo de Edison es un bloque de falla inclinado con escarpes abruptos al norte y al oriente. El echado regional es al suroeste. Las fallas contribuyen al cierre en los sedimentos aunque la causa primaria para la acumulación parece ser el adelgazamiento y el traslape de arenas sobre el bolque de falla levantado. La fuente del petróleo encontrado en las rocas del basamento se supone que es las lutitas orgánicas marinas que terminan contra el basamento al norte y al oeste.

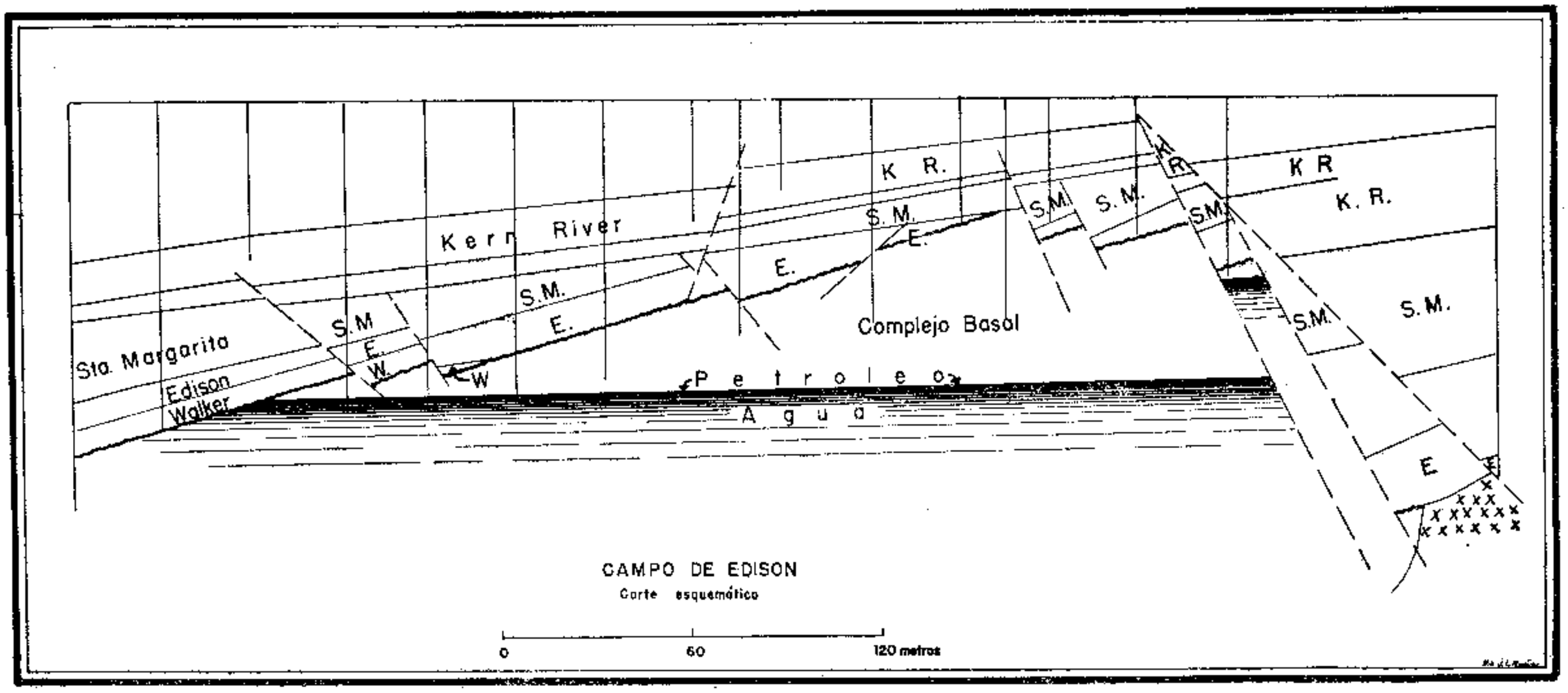
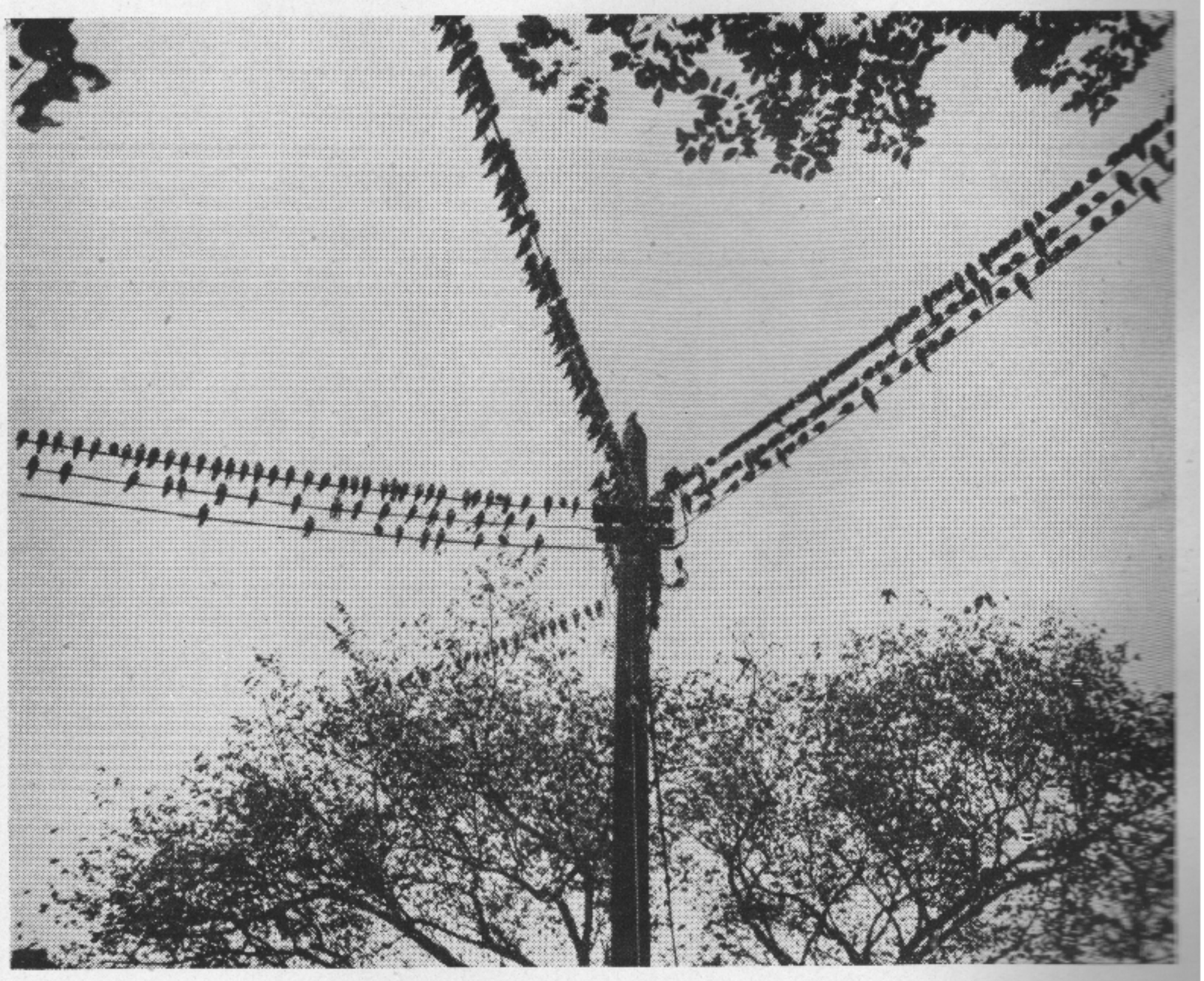

K R.
K R
K. R.
Kern River
S.M.
E.
Complejo Basal
Sta. Margarita
Edison
Walker
W
Petroleo
Agua
CAMPO DE EDISON
Corte esquemático
0
60
120 metros

Figura 6.



Bandada de pájaros que exhiben una orientación predilecta. (Fot. *Acme Newspictures*)