

## ESTRATIGRAFIA DE LA REGION DE TUAPE, SONORA

José Luis Rodríguez-Castañeda •

### RESUMEN

Rocas desde el Precámbrico hasta el Terciario afloran en el área localizada al oriente de Tuape en Sonora central. Las rocas precámbricas se dividen en tres unidades: gneis San Isidro, granito El Tuti y granito Santa Margarita. La cuarcita Los Changos se asigna al Paleozoico con base en su similitud con la Formación Proveedora que aflora en la región de Caborca, pudiendo existir la posibilidad de que ésta sea más joven o más antigua.

Las rocas volcánicas jurásicas(?) que sobreyacen al Precámbrico están compuestas por derrames bien estratificados, brechas y sedimentos volcánoclasticos, que a su vez están cubiertas por una secuencia sedimentaria jurásica la cual esta dividida en cinco unidades (A, B, C, D y E) con base en sus diferencias litoestratigráficas. La unidad A es básicamente volcánoclastica; la unidad B también está constituida e influenciada por volcánoclasticos pero en menor grado que la unidad A. Las unidades superiores C, D y E son también clásticas pero distintivamente ricas en cuarzo, fragmentos de pedernal o rocas volcánicas y carbonatos. Este cambio en composición indica una variación en el suministro de sedimentos y ambiente tectónico. Las rocas cretácicas en la parte superior de la secuencia consisten en carbonatos, lutitas y areniscas. Las terciarias son principalmente depósitos lacustres y rocas volcánicas.

### ABSTRACT

Precambrian to Tertiary rocks underlie most of the area east of Tuape in central Sonora. Precambrian rocks are divided into three units: San Isidro gneiss, El Tuti granite and Santa Margarita micrographic granite. Los Changos quartzite is assigned to the Paleozoic based upon its similarities with the Proveedora Formation that crops out in the Caborca region, although it could be younger or older.

The overlying volcanic rocks of probable Jurassic age are composed of well-bedded flows, breccias and volcanoclastic sediments, which in turn are covered by a Jurassic sedimentary sequence, divided into five units (A, B, C, D and E), on the basis of lithostratigraphic differences. Of these, unit A is basically volcanoclastic, unit B also contains volcanoclastic sediments but to a lesser degree than unit A. The higher units C, D and E are also clastic but distinctly richer in quartz, chert fragments and carbonate. This change in composition records a variation in the sediment input and tectonic setting. Cretaceous rock, in the upper part of the section, consist of carbonate, shale, and sandstone. Tertiary strata are mainly lacustrine deposits and volcanic rocks.

### INTRODUCCION

Las rocas que varían en edad desde el Precámbrico hasta el Cretácico en el área de Tuape son relativamente desconocidas. La traza del "Mojave-Sonora megashear" ha sido proyectada a través de esta área por Anderson y Silver (1979), donde a la deformación de las rocas expuestas se le consideró como resultado de los procesos relacionados a esa megacizalla.

El propósito de este artículo es presentar la estratigrafía y evolución tectónica de esta región mediante su cartografía geológica.

En este contexto los datos obtenidos apoyan la presencia del "Mojave-Sonora megashear" (Silver y Anderson, 1974; Anderson y Silver, *op. cit.*) en esta región por las secuencias de rocas yuxtapuestas tectónicamente, que están deformadas intensamente.

La región estudiada (600 km<sup>2</sup> aproximadamente) se localiza en la porción central de Sonora (Figura 1) y sus coordenadas son: 30° 00' a 30° 15' N y 110° 29' a 110° 40' W. Está situada 60 km al sureste de Santa Ana; 100 km al norte de Hermosillo y 80 km al sureste de Magdalena.

Su acceso desde la Carretera Federal Num. 15, es vía

Carbo-Opodepe o Querobabi-Opodepe. Otro acceso es el camino que sigue el cauce del Río San Miguel de Horcasitas y pasa a través de los siguientes poblados de sur a norte: Rayon, Opodepe, Meresichic, Tuape, Cucurpe y Magdalena (Figura 2).

### FISIOGRAFIA

El área de estudio esta localizada dentro de la provincia fisiográfica de Sierras Sepultadas de Raisz (1964) o la Provincia de Cuencas y Sierras de Sonora (Guzman y de Cserna, 1963) la cual se extiende desde Sonora hasta Sinaloa. Regionalmente la topografía disminuye de manera gradual hacia el mar y hacia el oriente montañas altas.

Con base en sus características morfológicas el área puede dividirse en dos zonas: una de alto relieve compuesta principalmente por rocas precámbricas y rocas volcánicas jurásicas(?); la otra es más o menos plana formada por rocas sedimentarias jurásicas y cretácicas principalmente.

La primera zona en la parte meridional está compuesta de las siguientes sierras: La Madera, Los Hornitos, Las Avispas y El Cobre, cuyas altitudes varían entre 1,900 y 1,870 m.s.n.m. La segunda zona se encuentra en la parte septentrional y tiene alturas que varían entre 900 y 1,400 m.s.n.m.

• Estación Regional de Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 1039, 83000 Hermosillo, Sonora.

Los principales cerros son: El Jitochi, de **Enmedio**, Las Moradas y Picacho Matamedagui.

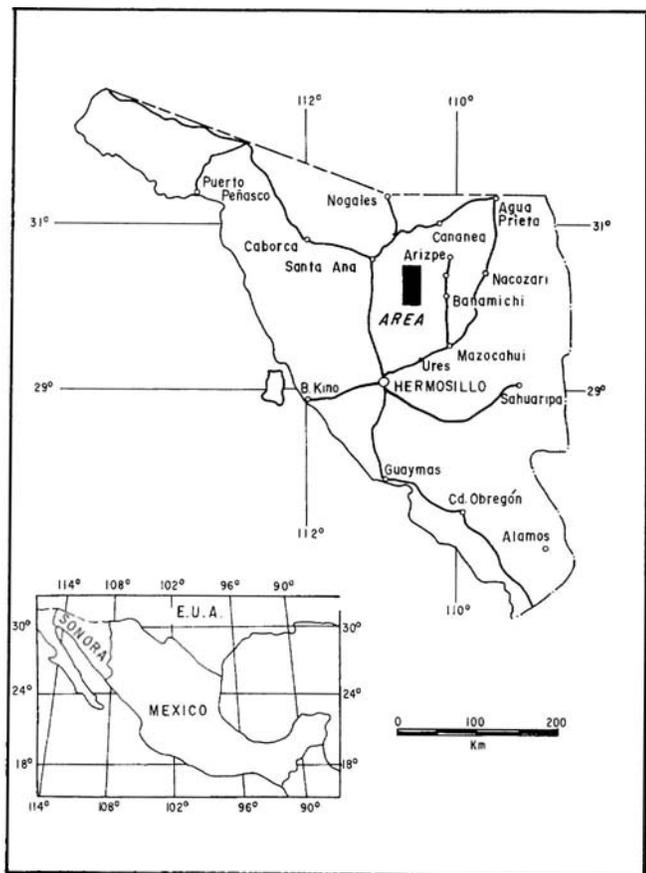


Figura 1.— Mapa de localización.

Ambas zonas reflejan un estado de madurez en el ciclo geomorfológico. Los rasgos morfológicos principales se produjeron durante el fallamiento normal, asociado a la provincia de Cuencas y Sierras.

#### INVESTIGACIONES PREVIAS

Sonora, un estado con una geología muy **compleja**, fue estudiado primeramente por Aguilera y colaboradores (1896) y por Dumble (1900), quienes describieron el Mesozoico.

Las rocas proterozoicas en Sonora están expuestas localmente. Estas rocas han sido descritas en la región de Caborca por Damon y colaboradores (1962) y Anderson y Silver (1971, 1978, 1979). También rocas precámbricas han sido reportadas en **Cananea** por Anderson y Silver (1977) quienes estudiaron el basamento granítico. Hacia el área septentrional Leon y Miller (1981) describieron brevemente la geología del yacimiento mineral Creston de Opodope, donde afloran rocas **meta-mórficas** e ígneas, algunas de las cuales son probablemente precámbricas.

El Paleozoico está distribuido ampliamente en Sonora, siendo mejor conocido en la región de Caborca. Flores (1929), en su estudio regional describió al Paleozoico de Sonora, e in-

cluyó también el área del presente artículo. Estudios regionales fueron hechos por King (1934 y 1939), mientras que Gómez y Torres (*in* Stoyanow, 1942) fueron los que encontraron por vez primera fósiles del Cámbrico en México y fue Stoyanow (1942) quien describió estas rocas. **Arellano** (1946, 1956) y Cooper y **Arellano** (1946, 1952) presentaron la secuencia estratigráfica cámbrica en esta región, mientras que Fries (1962) publicó una síntesis del Paleozoico de Sonora. Recientemente, Stewart (1982) correlacionó las rocas cámbricas del noroeste de México con las del occidente de Estados Unidos de América.

Las rocas volcánicas y sedimentarias jurásicas están ampliamente distribuidas en Sonora. Keller (1928) las estudió en la Sierra de Santa Rosa, mientras que Jaworsky (1929) publicó una descripción de fósiles procedentes de esa misma, localizada 120 km al poniente del área del presente artículo. White y Guiza (1949) describieron al Jurásico Inferior en el distrito minero El Antimonio, al poniente de Caborca. Beauvais y **Stump** (1976) describieron el Jurásico Superior del área de Pozo Serna, y Gastil y Krummenacher (1977) las rocas jurásicas en la costa de Sonora. Anderson y Silver (1978) señalaron la presencia del magmatismo jurásico en Sonora. Longoria y Pérez (1978) y Drewes (1971) describieron secuencias que contienen fósiles **jurásicos**. González-León (1979) reportó rocas **jurásicas** en la Sierra del **Alamo**, y Hardy (1981) describió el **Jurásico** de la Sierra de Santa Rosa. Corona (1980) y Jacques-Ayala (1981, 1983), por otra **parte**, describieron rocas de supuesta edad jurásica al norte y **sureste** de Caborca, respectivamente.

Las rocas oxfordianas han sido descritas por Rangin (1977, 1982) y Córdoba y Rangin (1976) en áreas adyacentes al noroeste y norte (100 km) del área de este artículo,

Las rocas cretácicas han sido descritas en pocas localidades del Estado de Sonora y del sur de Arizona. Dumble (1902) y Ransome (1904) describieron el Grupo Bisbee en Arizona y Keller (1928) propuso una secuencia estratigráfica para Sonora central. Taliaferro (1933) describió el Cretácico en el área de Cabullona y King (1934, 1939) las rocas volcánicas cretácicas intercaladas con calizas al oriente-centro de Sonora. En el sureste de Arizona **Hayes** (1970) presentó una síntesis de la **paleogeografía** cretácica y Drewes (1971) describió rocas del Cretácico Inferior de las Montañas Santa Rita. Al oriente de Tuape González-León (1978) cartografió rocas **cretácicas**, las cuales tienen un espesor de 2,000 m. Jacques-Ayala (1983) cartografió rocas cretácicas de la Sierra El Chanate, 150 km al poniente del área.

Un mapa geológico regional, elaborado por los geólogos de La Organización de las Naciones Unidas (1969) incluye el área del presente artículo.

#### ESTRATIGRAFIA

Las rocas del área varían en edad desde el Precámbrico hasta el Terciario. Con base en sus características litológicas estas rocas han sido divididas en unidades litoestratigráficas informales, con excepción de la Formación Baucarit. (Figura 3).

#### ROCAS PRECAMBRICAS

El basamento precámbrico está compuesto de rocas **meta-mórficas** e ígneas. El **gneis** San Isidro se considera la unidad más antigua, mientras que los dos granitos de diferente composición son considerados más jóvenes.

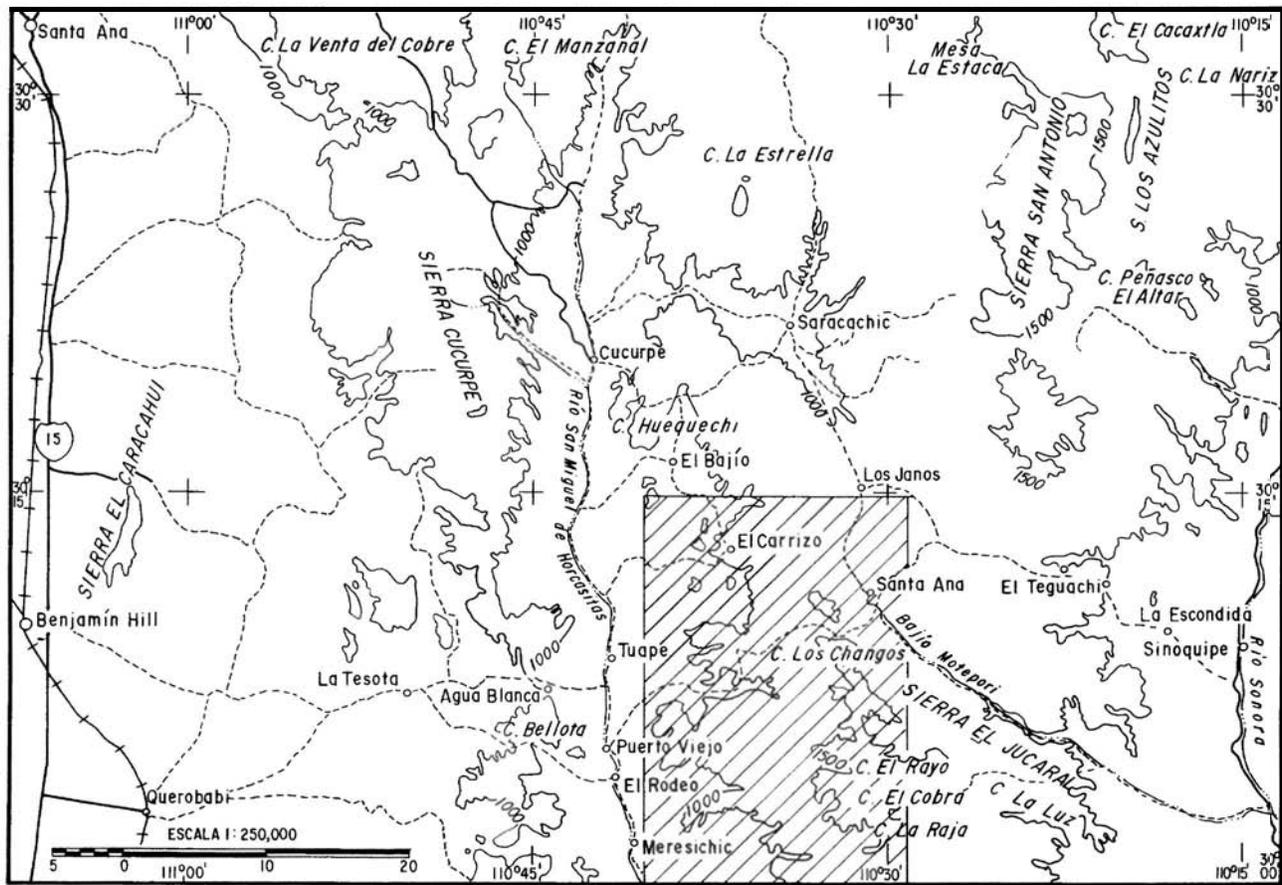


Figura 2.— Mapa del area, con los poblados que la rodean y topografía.

TERCIARIO	UNIDAD Tb <sub>3</sub>	CONGLOMERADO
	UNIDAD Tb <sub>2</sub>	CONGLOMERADO, ARENISCAS, CALIZAS, LUTITAS Y BASALTOS
	UNIDAD Tb <sub>1</sub>	CONGLOMERADO
	UNIDAD Tbr	BRECHA
CRETACICO	ROCAS VOLCANICAS	PORFIDO ANDESITICO Y TOBAS
	K-T GRANITO	
JURASICO	NO-DIFERENCIADO	LUTITAS, CALIZAS Y ARENISCAS
	UNIDAD E	ARENISCAS, LIMOLITAS Y CONGLOMERADO
	UNIDAD D	CALIZAS, LUTITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADO
	UNIDAD C	ARENISCAS, LIMOLITAS, CALIZAS Y CONGLOMERADO
	UNIDAD B	LUTITAS, CALIZAS, ARENISCAS Y DIOESTRATO
	UNIDAD A	CAPAS VOLCANICLASTICAS Y LUTITAS
PALEOZOICO	ROCAS VOLCANICAS JURASICAS	ANDESITAS, BRECHAS ANDESITICAS, TOBAS Y ARENISCAS INTERCALADAS
	UNIDAD LOS CHANGOS	CUARCITAS
PRECAMBRIO	UNIDAD SANTA MARGARITA	GRANITO MICROGRAFICO
	UNIDAD EL TUTI	GRANITO PORFIDICO
	UNIDAD SAN ISIDRO	GNEIS

Figura 3.— Columna estratigráfica y esquemática de las rocas de la region de Tuape (para relaciones entre unidades vease el texto).

Las rocas precambricas afloran en la parte central del area donde forman las partes altas de la Sierra La Madera. Los granitos estan bien expuestos en las inmediaciones del rancho Santa Margarita, Canada El Tuti y El Salto Colorado (Figura 4).

**Gneis San Isidro.** — El gneis se encuentra como un cuerpo aislado en un afloramiento pequeno de pocos metros (2 a 4 m). Esta situado 12 km al suroriente del rancho Santa Margarita y 1 km al nororiente de El Salto Colorado (Figura 4). Este gneis esta compuesto principalmente de cuarzo, **feldespato potasico**, **plagioclasa** (oligoclasa **andesina**), de grano medio, algunos de ellos estan alargados. Contienen tambien biotita.

La relacion entre este gneis y el granito Santa Margarita es desconocida debido a la cubierta de suelo y bosque.

El gneis San Isidro es comparable con los afloramientos de rocas metamorficas cerca de **Opodepe** de donde Leon y Miller (1981) describieron rocas precambricas como filitas, metavolcanicas, gneis y granitos sin una edad especifica. El gneis San isidro pudiera formar parte del basamento cristalino, ya que la edad preliminar aparente de su metamorfismo (U-Pb en **zircon**) es de ~ 1,675 Ma (Anderson, 1984; comunicacion personal) y se obtuvo de una muestra recolectada 25 km al sureste del area del presente articulo. El basamento granitico y metamorfico en esta region tiene edades que varian de 1,725 a 1,800 Ma (Anderson y **Silver**, 1979), representando sedimentos de maduros a inmaduros y rocas volcanicas que fueron **intrusionadas** por cuerpos graniticos aproximadamente hace

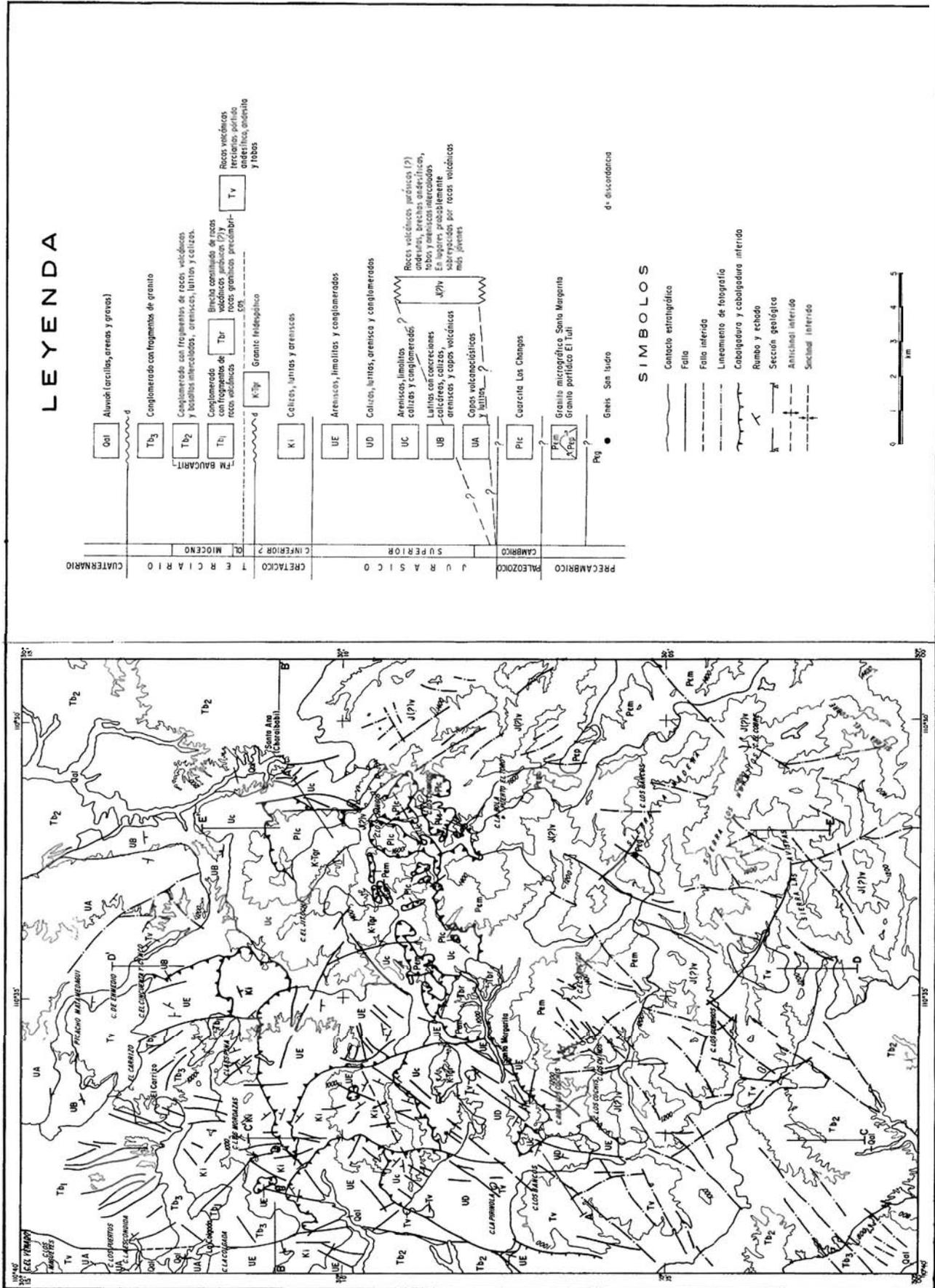


Figura 4.— Mapa geológico de la región de Tuape, Sonora.



En lamina delgada esta compuesto de cuarzo que varia de subhedral a anhedral, feldespatos potasico en cristales anhedral, pertita y cristales raros de plagioclasa (andesina). Las características principales de esta roca son los crecimientos micrograficos de cuarzo y feldespatos potasico.

Las relaciones estratigraficas de los granitos Santa Margarita y El Tuti son ambiguas y la relacion aparente del contacto sugiere que el granito El Tuti intrusione al granito Santa Margarita. Sin embargo, litologicamente estos granitos parecen series homogeneas de 1.1 Ma (Granito Aibo) y 1.4 Ma (Granito Cananea), respectivamente.

El granito Santa Margarita esta en contacto tectónico con la unidad C de la secuencia jurasica, debido a una falla de angulo bajo (Figura 5).

La similitud litologica del granito Santa Margarita y el Granito Aibo, cuya edad es de 1.1 Ma (Anderson y Silver, 1979; inedito), sugiere correlacion; ademas, ninguno de los dos esta foliado ni deformado. Con base en esto, al granito Santa Margarita se le asigna una edad de 1.1 Ma.

#### ROCAS PALEOZOICAS

Las rocas consideradas como paleozoicas son los estratos que forman la cuarcita Los Changos. Esta, esta restringida a las areas montanosas del Cerro Los Changos (Figura 4). Se considera a esta unidad como paleozoica, debido a su similitud litologica con la Formacion Proveedora del area de Caborca, aunque esta podria ser precambrica o mas reciente.

Cuarcita Los Changos. — La cuarcita Los Changos ocurre en la parte centro-oriental del area, en Canada Pozo Nuevo, Canada Las Palmas y Cerro Los Changos. De este ultimo sitio fue tomado su nombre (Figura 4). Esta unidad ocupa las partes altas de las sierras, en donde forma relieves muy escarpados.

La cuarcita es de color cafe rojizo, gris y cafe claro en capas medianas a gruesas de grano fino. Aunque la cuarcita comunmente esta muy fracturada, forma masas resistentes a la erosion.

Petrograficamente se compone de cuarzo, que muestra extincion ondulante; los granos son principalmente subredondeados, monocristalinos de grano medio. Fragmentos de pedernal componen el uno por ciento de los clastos; la matriz está compuesta de sílice con sericita rara y hematita. La cuarcita es clasificada como una ortocuarcita madura.

El contacto de la cuarcita Los Changos con el granito Santa Margarita, con la unidad C y con las rocas volcanicas jurásicas(?) es por fallas de angulo bajo, semejantes a la que se observa cerca del Cerro El Jitochi (Figuras 4 y 5). El espesor total de la cuarcita es dificil de calcular, debido a que se presenta como cuerpos aloctonos; no obstante, un espesor de mas de 50 m se encuentra en la cobijadura de una de estas fallas.

Rocas con características similares a las de la cuarcita Los Changos afloran cerca de Caborca. Estas rocas componen la Formacion Proveedora del Cambrico Inferior, mencionada primeramente por Aguilera y colaboradores (1896) como "Formacion Caborca" y redefinida por Cooper y Arellano (1952) como Formacion Proveedora. La ausencia de fosiles en ambas unidades litoestratigraficas impide asignarles una edad especifica. Las características litologicas de la cuarcita Los Changos sugieren correlacion con la Formacion Proveedora

del Cambrico Inferior y quizas con la Cuarcita Capote del area de Cananea y con la Cuarcita Bolsa del area de Bisbee.

La cuarcita Los Changos es parte de la secuencia mio-geoclinal eocambrico-cambrica. Esta unidad es correlativa con rocas del oriente de California y sur de Nevada, donde el ambiente de deposito ha sido interpretado como correspondiente a deltas de marea y flujo de corrientes maritimas (Stewart, 1970).

#### ROCAS JURASICAS SEDIMENTARIAS

Las rocas jurasicas en Sonora estan formadas principalmente por rocas volcanicas de composicion variable y por areniscas, limolitas, lutitas, calizas y conglomerados.

Unidad A. — La unidad A aflora en la parte septentrional del area (Figura 4). Esta se encuentra expuesta en las sierras que estan al nororiente, norponiente y suroriental del Picacho Matamedagui (Figura 4). A lo largo del Arroyo El Sauquito se encuentra alforamientos excelentes.

Localmente esta unidad consiste en capas delgadas a medianas y estratos gruesos raros de origen volcanoclastico (tobas y cenizas depositadas en ambiente marino) y son de color negro y gris claro con textura arenosa. Petrograficamente estan compuestas de cuarzo, plagioclasa, calcita, anfiboles alterados, clorita y minerales opacos en porcentajes diferentes, con matriz silicica. La mayoría del cuarzo es anhedral con extincion ondulante. Las plagioclasas, calcita y anfiboles tambien son anhedral.

Lutitas de color negro, rojo, gris claro y rojizo, estan intercaladas con tobas bien estratificadas. Las principales estructuras sedimentarias son rizaduras. Las lutitas tambien contienen fragmentos de madera, como se aprecia alrededor del Cerro Los Puertos, al norponiente del area estudiada.

La unidad A cambia transicionalmente a la unidad B, en donde la abundancia de lutitas se incrementa. El contacto inferior de la unidad A no se observa; Rangin (1982) indico que una unidad similar cerca del rancho La Colgada sobryace a una secuencia volcanosedimentaria.

Debido a que la unidad esta afectada por fallas y fracturamiento intenso es dificil calcular su espesor exacto, se estima que es de unos 600 m (Figura 6).

Con base en las relaciones de campo de la unidad A con la unidad B, en las descripciones de Rangin (1977, 1978) y en los fosiles jurasicos encontrados por él (*Perisphinctes*) (*Discosphinctes*) cf. P. (D.) *caribbeanus* Jaworski y *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) cf. P. (D.) *lagunitaensis* (Burckhardt) se considera probable que la unidad A sea de edad jurasica (Oxfordiano tardio).

Unidad B. — Esta unidad aflora en la parte nortecentral del area (Figura 4), formando cerros bajos a lo largo de la ladera oriental del Picacho Matamedagui, como los cerros de Enmedio y El Cincuenta y Cinco (Figura 4). Esta unidad aflora tambien en el area que rodea al rancho El Jecotal y, generalmente, presenta afloramientos buenos.

La unidad consiste en varias litologias, siendo la principal la lutita de color negro, fisil y que en ciertos lugares es carbonacea. La lutita intemperiza a colores negros y amarillo ocre, comunmente contiene nodulos calcareos de color negro de 2 a 40 cm de diametro. Caracteristicamente, esta unidad esta afectada por metamorfismo incipiente. En las proximidades del Picacho Matamedagui y Cerro de Enmedio la lutita muestra pequenos horizontes y lentes de yeso. La lutita

contiene abundantes fósiles que son remanentes e incluyen **braquiópodos**, amonitas y fragmentos pequeños de flora. A lo largo de la ladera septentrional del Cerro El Jitochi, esta unidad está plegada intensamente (pliegues de tipo **chevron**) y afectada por fallas normales.

Otra litología común en la unidad B es una caliza de color gris claro en capas delgadas a medianas, las cuales **intemperizan** de amarillo a amarillo ocre-café. Las capas están fracturadas intensamente con abundantes vetillas rellenas de calcita. Algunas de las capas contienen abundantes **fragmentos** de amonitas y **belemnitas**. Las capas delgadas también presentan metamorfismo incipiente y plegamiento.

La unidad B también contiene areniscas de grano medio, bien clasificadas, de color gris claro, las cuales **intemperizan** a un café verdoso. Las capas son gruesas (60 cm) y muestran diastatificación. También en la secuencia se encuentra un **diquestrato** de color gris claro con una matriz afanítica con minerales ferromagnesianos.

Las relaciones estratigráficas de la unidad B con la unidad C suprayacente y con la unidad A subyacente son **transicionales**.

El espesor de esta formación no pudo ser medido debido al plegamiento y fallamiento que posee. Se calculan 150 m para esta unidad (Figura 6).

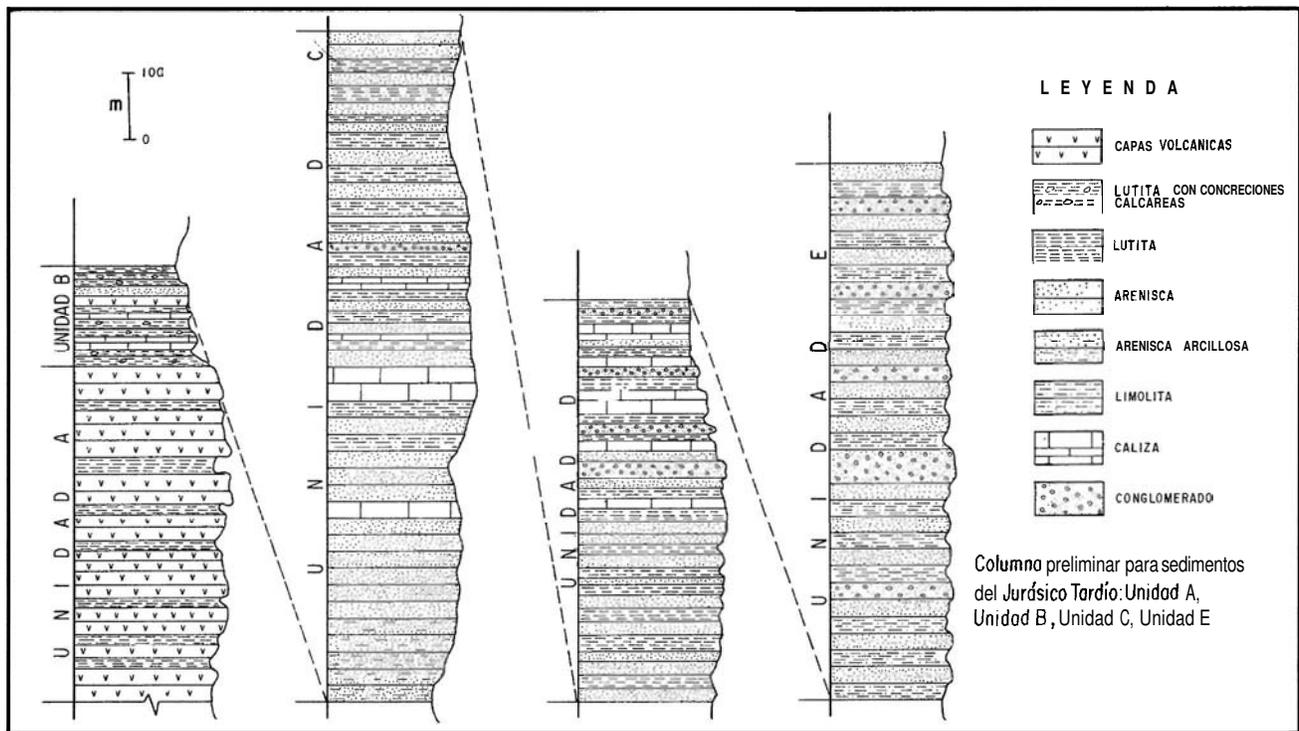


Figura 6.— Columna preliminar para los sedimentos jurásicos: unidad A, unidad B, unidad C, unidad D y unidad E.

Formaciones de áreas cercanas con características **similares** a las de la unidad B no han sido descritas. Varios **amonitas** y **belemnitas** fueron recolectados en la unidad B. Los amonitas fueron clasificados como: *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) cfr. P. (D.) *lagunitaensis* (Burckhardt) y *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) *caribbeanus* (Jaworsky) que son del Oxfordiano tardío. Los belemnitas no fueron determinados debido a su pobre conservación.

Unidad C.— La unidad C se encuentra en la porción central y nororiental del área estudiada (Figura 4), en Cerro El Jitochi, Canada El Cumarito y otros cerros hacia el poniente de la Puerta Colorada. Esta unidad consiste en dos miembros.

El miembro inferior aflora hacia el norte de una línea este-oeste que pasa a la altura de la mina Dos Naciones (Figura 4). Este miembro está formado por areniscas y calizas. La arenisca es de color negro a gris oscuro e **intemperiza** a un distintivo amarillo ocre. Esta arenisca forma al Cerro El Jitochi y está bien expuesta a lo largo de los arroyos que lo cortan. Este miembro está afectado por numerosas fallas y fracturas.

La arenisca está, comúnmente, bien clasificada y es de grano fino, raramente de grano medio, muy fracturada (el fracturamiento oscurece la estratificación). Al microscopio, consisten cuarzo, pedernal y **plagioclasa** en una matriz **silíceica**. También están presentes abundantes óxidos de hierro y en menor proporción calcita. El cuarzo es angular con extinción ondulante. Hacia su cima existe un incremento de cuarzo y una disminución de óxidos de hierro.

La caliza se observa esporádicamente en este miembro, principalmente, en la parte superior. Es de estratificación **gruesa** que **intemperiza** a un color gris claro. La caliza presenta alteración hidrotermal y recristalización. Además, se observa reliquias de microfósiles, que son difíciles de distinguir debido a su recristalización.

El miembro inferior es transicional hacia abajo con la unidad B y está cubierto por la cuarcita Los Changos mediante una **cabalgadura**, como se aprecia al poniente del rancho Charababi (Figuras 4 y 5).

El miembro superior se encuentra al sur de la línea este-

oeste, entre la mina Dos Naciones y el rancho Santa Margarita; esta constituido por areniscas, limolitas, calizas y conglomerados. Las areniscas son las mas comunes en la secuencia, formando capas medianas a gruesas (35-60 cm) en la Canada El Cumarito, Canada Las Palmas, Canada La Verdecita y Puerto Las Palmas. La arenisca esta fracturada intensamente y cortada por fallas. Estas fallas y fracturas probablemente reflejan la mayor competencia de esta arenisca y, en general, de la unidad C, que tampoco fue afectada por plegamiento. Las fracturas comunmente oscurecen la estratificacion dando a la roca una apariencia masiva. Localmente, esta unidad esta cortada por fallas acompanadas por zonas de **milonitizacion**. La diastratificacion y estructura laminar con bandas de epidota son rasgos caracteristicos. Las areniscas, en muestra **fresca**, tienen un color que varia de verde a **azul verdoso**, de blanco a verde (el blanco es debido a la alteracion hidrotermal), de verde a verde **grisáceo** y de **gris** a **gris** claro; el color del **intemperismo** es gris verdoso claro. La arenisca esta bien clasificada, de grano fino a medio. En lamina delgada es una arenisca **lítica**, compuesta de cuarzo, pedernal, feldespatos potasico (**perita** y **microlina**), plagioclasa, oxidos y sulfuros de hierro (hematita y pirita) y calcita, en una matriz silicica.

Las limolitas, afectadas por fallas y fracturas, afloran ampliamente, son de color morado y algunas veces gris verdoso, las capas varian de 30 cm a 3 m de espesor, y estan **interestratificadas** con las areniscas. Una característica especial de estas limolitas es la presencia de epidota en bandas y lentes de 5 cm de espesor. Tambien son típicas las vesículas rellenas de epidota o calcita de 3 cm de diametro.

Las calizas se encuentran principalmente al **norponiente** de la pequena presa Cinco de Mayo y al norte de Canada Pozo Nuevo, y tambien estan distribuidas en toda la secuencia. Al norponiente de la presa Cinco de Mayo las calizas forman un cuerpo masivo de color gris claro, que esta afectado por cabalgadura y falla normal. Algunas de las calizas presentan laminacion y **recristalización**. Petrograficamente estan compuestas de micrita con reliquias de fosiles. Al norte de Canada Pozo Nuevo la caliza intercalada en la arenisca y limolita es de color gris claro, de estratificacion mediana a delgada, rica en fragmentos fosiles y contiene nodulos de pedernal de unos 5 cm de diametro. Los fragmentos fosiles parecen ser **crinoides**, braquiopodos y bivalvos. El espesor aproximado de esta seccion de calizas es de 20 m.

Los conglomerados tambien estan distribuidos en toda la secuencia, son de color gris verdoso, intemperizan a **gris** claro y de 1.50 m de espesor. Consisten en clastos de cuarcita, pedernal y fragmentos de rocas volcanicas (andesita y toba) escasos, que varian de subredondeados a redondeados. Los fragmentos de cuarcita son mas redondeados, siendo los fragmentos de pedernal un poco mas angulares. Todos los clastos estan contenidos en una matriz arenosa compuesta por los mismos constituyentes de la fraccion gruesa. El conglomerado se encuentra fracturado intensamente;

Las relaciones estratigraficas de la unidad C son las siguientes: El contacto inferior con la unidad B y el contacto superior con la unidad D son concordantes, mientras que su contacto con el granito Santa Margarita, asi como con la cuarcita Los Changos (Figura 5) es por una cabalgadura.

En areas circunvecinas no se ha descrito rocas con las mismas características que las de la unidad C. Cerca de Pozo Serna (region de Caborca) a 200 km hacia el poniente del area estudiada **Beauvais y Sturm (1976)** reportaron una secuen-

cia, oxfordiano-kimeridgiana, formada por una brecha basal, grauvaca, calizas y lutitas todas de color cafe, lutitas negras y grises con intercalaciones de areniscas y por conglomerados.

A la unidad C se le considera como post-oxfordiana, debido a la ausencia de fosiles diagnosticos. Esta unidad tiene aproximadamente 1,000 m de espesor (Figura 6).

**Unidad D.** — La unidad D aflora en los alrededores de los ranchos Santa Margarita y Santa Elena Bacuchi en la parte centro-occidental del area (Figura 4). La unidad esta afectada por fallas normales y cabalgaduras, presentandose ademas algunos pliegues locales semejantes a aquellos que se encuentran a lo largo de los Arroyos Los Chinos y Bacuchi.

La unidad D consiste en calizas, lutitas y areniscas con lentes de conglomerados intercalados. En algunos lugares las calizas son arcillosas y arenosas y en ocasiones presentan **sili-cificacion**. Las capas son delgadas a medianas, raramente gruesas y su color varia de gris oscuro a claro y a gris rojizo, intemperizandose a un amarillo ocre. Estos estratos estan menos fracturados que las unidades descritas previamente, aunque los estratos estan cortados por vetillas rellenas con calcita. Petrograficamente las calizas o calcarenitas estan compuestas de calcita espatica, cuarzo y matriz micritica. Las laminas delgadas muestran trazas de fosiles y vetillas de calcita cortadas por fracturas pequenas.

La lutita esta interestratificada a traves de la secuencia. Es de color blanco a gris claro, fisil, con raros nodulos calcareos.

La arenisca es de grano fino a medio, de color **gris** claro a gris oscuro a un cafe grisáceo y no esta fracturada intensamente como las unidades inferiores. Microscopicamente la arenisca esta compuesta de cuarzo, fragmentos de roca (pedernal), plagioclasa, feldespatos potasico y calcita.

Los conglomerados, caracteristicos de esta unidad, se presentan como lentes intraformacionales de varios metros a mas de 20 m de longitud y mas de 3 m de espesor. Los clastos de los conglomerados consisten en fragmentos de caliza (1 a 5 cm) y pedernal, con raros fragmentos de cuarcita y **calcarenita**. La caliza, cuarcita y clastos de calcarenita son **subredondeados**; el pedernal es de subredondeado a subangular.

No se ha descrito rocas similares en regiones adyacentes al area de estudio. Con base en sus relaciones **estratigráficas** se considera a la unidad D perteneciente al Jurásico Superior. La unidad D tiene contactos transicionales con las unidades C y E, respectivamente. En el Arroyo Los Chinos la unidad D tiene contacto por cabalgadura con la unidad C (Figuras 4 y 5), mientras que la sobreyacen discordantemente las rocas volcanicas terciarias al oriente del Puerto Los Yaquis. El contacto con las rocas volcanicas **jurásicas(?)** se infiere como **tectónico**, por medio de una cabalgadura al suroriental del rancho Santa Elena. La unidad D tiene aproximadamente 600 m de espesor (Figura 6).

**Unidad E.** — La unidad E aflora en la parte **noroccidental** del area estudiada (Figura 4) y tiene buenos afloramientos a lo largo de la brecha que une al poblado de Tuape con la mina Marroquin y el rancho El Carrizo. Esta brecha sigue al Arroyo La Huerta. La unidad E forma cerros de baja elevacion, aunque en algunos lugares se le encuentra en las partes mas altas como en el Cerro Las Bebelamas (Figura 4). Consiste en areniscas de color cafe, cafe verdoso, cafe rojizo, gris y rojo; limolitas rojas e intercalaciones de conglomerados de color cafe y rojo.

La arenisca es de estratificacion **delgada a gruesa** y **prin-**

principalmente de grano fino a medio, siendo de grano grueso cerca del rancho **Matamedagui**. La diastratificación y estructura laminar son sus rasgos más comunes. Microscópicamente la arenisca está compuesta de cuarzo, fragmentos de roca (pedernal), calcita, plagioclasa y feldespato potásico. Las partes inferiores de algunas capas contienen fragmentos de limolita, dando una apariencia brechoide, que pudiera ser el producto de movimientos durante su depósito o por corrientes. Las areniscas están menos fracturadas que las unidades inferiores.

Las limolitas rojas están muy fracturadas y en ellas se presentan intercalados horizontes arcillosos.

Los conglomerados están compuestos principalmente de fragmentos bien redondeados a moderadamente redondeados de cuarcita; pedernal (negro y rojo) con menos fragmentos de rocas volcánicas como andesita y toba de posible edad jurásica(?). Las capas de conglomerado tienen espesores de 30 cm a más de 20 m, los cuales se encuentran a través de toda la secuencia.

El contacto entre la unidad E y la unidad D es **transicional**. Sus contactos con las rocas volcánicas terciarias, al surponiente del rancho Santa **Elena**, y con la Formación Baucarit ( $Tb_2$ ) son discordantes. En cambio, su contacto superior con las rocas cretácicas es normal y se distingue por el cambio de areniscas rojas a sedimentos calcáreos pelíticos.

Se correlaciona a la unidad E con la formación **Batomote** (areniscas y lutitas) descrita por Jaques-Ayala (1983) en la Sierra El Chanate al nororiente de Caborca y también con rocas descritas por Kluth (1983) en los Canelo Hills del sur de Arizona, las cuales están constituidas por lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados. La edad de la unidad E es desconocida: no obstante, podría formar parte de la secuencia jurásica y, posiblemente, su parte superior extenderse hasta el Cretácico.

El espesor estimado de esta unidad es de 800 m (Figura 6). La Figura 7 muestra una columna representativa de esta unidad medida en el Arroyo La Huerta.

**Ambiente de depósito.**— Estudios petrográficos de esta secuencia jurásica sedimentaria, muestran claramente una composición volcánico-clástica y silicoclástica. Las unidades inferiores A y B son ricas en detritos volcánicos (**piroclásticos**) de grano fino. Estas rocas fueron probablemente acumuladas en un ambiente marino cerca de la costa, lo cual está indicado por la presencia de **rizaduras** (*ripple marks*) y por los **escasos** fósiles encontrados, bajo la influencia de actividad volcánica. La unidad B contiene fragmentos de madera petrificada, **vepillas** de yeso y nódulos calcáreos cuya presencia apoya esta interpretación. En ciertos lugares la lutita es carbonácea y contiene pirita, sugiriendo un ambiente lagunar con condiciones reductoras.

La transición de la unidad B a la unidad C está marcada por la disminución del material volcánico y el incremento de cuarzo y detritos calcáreos en los sedimentos. Estos sedimentos, que comúnmente contienen fósiles marinos, probablemente registren pequeñas variaciones en el ambiente de depósito.

La presencia de epidota en bandas y vesículas en la unidad C sugiere actividad hidrotermal. Localmente los carbonatos en la secuencia son biocásticos. Los conglomerados en las unidades C, D y E, cuyos clastos son principalmente cuarcitas, pedernal, caliza y raros fragmentos volcánicos, probablemente provinieron de rocas precámbricas y paleozoicas. Actualmente, el basamento precámbrico aflora en la mitad

meridional del área **que, con toda probabilidad, fue** cubierto anteriormente por sedimentos gruesos de rocas eocámbricas o cámbricas. La fuente de estos sedimentos estuvo al **norponiente** y suroriente del área. Sin embargo, secuencias **paleozoicas** delgadas se conocen y **afloran** cerca del Cerro Prieto (20 km al norte) y **Cananea** (100 km al norte). Ninguno de estos afloramientos puede ser descartado hasta que se realice un estudio de clastos.

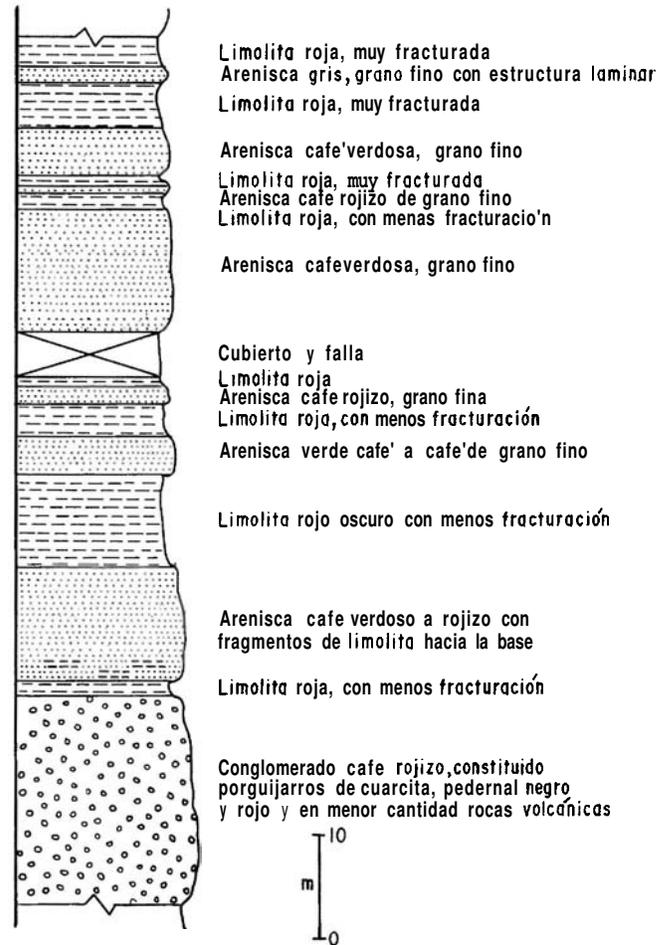


Figura 7.— Columna litológica representativa de la unidad E, medida en el Arroyo La Huerta surponiente del rancho Los Tanques

No obstante, los cambios pronunciados en la composición de detritos de las unidades C, D y E indican una variación en el origen y tal vez en el ambiente tectónico. Del **Caloviano**(?) hasta el Oxfordiano temprano(?) el depósito está marcado por **materia volcánico-clástica** derivado del arco magmático jurásico (Anderson y Silver, 1978, 1979; Bergquist *et al.*, 1978; Briskey *et al.*, 1978; Corona, 1981; Drewes, 1981; Drewes y Cooper, 1973; Haxel *et al.*, 1978; Haxel *et al.*, 1980a; Haxel *et al.*, 1980b; Haxel *et al.*, 1981; May y Haxel, 1980; May *et al.*, en proceso; Rytuba *et al.*, 1978; Tosdal *et al.*, en proceso y Wright *et al.*, 1981). El cambio de rocas **volcánico-clásticas** a conglomerados cuarcíticos, rocas silíceas de grano fino y rocas calcáreas, probablemente indica un cambio en el ambiente tectónico de convergencia a una falla **transformante** con la consecuente interrupción de la actividad **magmática**.

ca. Del Oxfordiano medio al Titoniano, los estratos indican una erosión muy pronunciada de secuencias de plataforma. La erosión de rocas del Paleozoico y del Jurásico Inferior y Medio puede asociarse con levantamiento y juxtaposición durante la evolución del "Mojave-Sonora megashear" (Anderson y Silver, 1979). La actividad tectónica pudo haber culminado durante el Titoniano(?) al Neocomiano(?) cuando fueron emplazadas, hacia el norte, escamas de basamento cristalino (Figuras 4 y 5).

#### ROCAS VOLCANICAS JURASICAS

Las rocas volcánicas jurásicas(?) afloran en casi toda la mitad meridional del área cartografiada (Figura 4). Estas rocas forman las siguientes sierras: La Madera, Los Hornitos, Las Avispas, El Cobre; y los cerros La Calera y los Bancos (Figura 4). Estas rocas están bien expuestas a lo largo de todos los arroyos.

Las rocas volcánicas jurásicas(?) están formadas por pórfidos de feldespato, tobas, porfidos de cuarzo y brechas andesíticas con intercalaciones de areniscas y tobas bien estratificadas. Los porfidos de feldespato forman las sierras La Madera, Los Hornitos, Las Avispas y El Cobre. El porfido de feldespato es de color gris oscuro, gris claro, morado, café rojizo, amarillo ocre rojizo, café claro, café morado y gris verdoso. Generalmente las rocas son masivas; sin embargo, dos derrames pudieron ser identificados debido al vitrofirio en la base de uno de ellos. Generalmente el porfido de feldespato está compuesto de plagioclasa, con menos cuarzo y piroxeno en una matriz afanítica.

La brecha andesítica también tiene una composición amplia. Esta se encuentra principalmente al sur del rancho Charaibabi y está bien expuesta a lo largo de varios caminos como el que va del rancho Charaibabi a mina Dos Naciones. Buenos afloramientos están en el Puerto El Bacuchi, Canada El Tuti y Canada Los Guerigos. Las brechas andesíticas son de color verde morado, rojo, café rojizo o café oscuro. Los fragmentos de las brechas son de porfido y toba en matriz afanítica.

La toba es extensa y dos tipos son comunes. Uno de ellos generalmente tiene una débil estratificación (expuesta a lo largo de la Canada El Venado en la parte central del área estudiada) y está interestratificada en las brechas. La toba está compuesta principalmente de material piroclástico y fragmentos de pórfido de feldespato, es de grano medio a grueso y los fragmentos de porfido son de 1 a 3 cm de diámetro. El color de la toba es café morado o café oscuro a claro. Esta roca está siempre intercalada con la brecha andesítica. El segundo tipo de toba presenta composición y textura diferentes de la primera. Esta es de color café claro, imberiza a café blancuzco y consiste en plagioclasa, piroxeno, cuarzo diseminado y fragmentos de roca volcánica en una matriz afanítica.

El porfido de cuarzo no aflora ampliamente fuera del área al sur del rancho Charaibabi. Su relación con la andesita es desconocida debido a la cubierta de suelo y de bosque. Este porfido tiene contacto de falla con el granito Santa Margarita, presentando alteración. Está formado por cuarzo, plagioclasas (oligoclasa-andesina) ceniza volcánica con intercrecimientos micropegmatíticos e imberiza a un gris blancuzco.

Areniscas y tobas bien estratificadas afloran en las canchales Suárez y El Salto Colorado. La arenisca es café rojiza, de estratificación delgada a media y de grano fino a muy fino. Muestra estratificación laminar y pequeñas estructuras de

deslizamiento (*slump structures*). El espesor de este cuerpo de areniscas es de aproximadamente 10 m. Petrográficamente están constituidas de cuarzo, plagioclasas, vidrio, ceniza volcánica y fragmentos de roca.

La toba también está bien estratificada en capas delgadas. Es de color verde a verde blancuzco y de grano muy fino (mudstone). Esta roca está afectada por fallas pequeñas. Clastos de rocas volcánicas están localmente incluidos en las capas.

Las estructuras de deslizamiento en la arenisca y las fallas en la toba indican deformación y erosión relacionadas con subsidencia y/o fallamiento. Las características litológicas de las rocas volcánicas jurásicas(?) (brechas andesíticas, tobas intercaladas en la brecha andesítica y tobas y areniscas bien estratificadas) pudieran ser indicativas de un margen de acreción (accretionary margin).

Las relaciones estratigráficas con la unidad C, unidad D y unidad E y la cuarcita paleozoica Los Changos se supone que sean de carácter tectónico, debido a una falla de ángulo bajo. Las relaciones estratigráficas sugieren que estas rocas son post-paleozoicas, pero anteriores al Aptiano. La ubicación de estas rocas está restringida en la parte meridional del área. Se concluye que estas rocas, probablemente, cubran el basamento y tengan una distribución geográfica que coincida con este último.

Las características de la secuencia volcánica jurásica(?) sugieren volcanismo, depositación y fallamiento penecontemporáneos, como lo indican las brechas andesíticas con intercalaciones de tobas y areniscas, con estructuras de deslizamiento y tobas bien estratificadas, afectadas por fallas pequeñas.

#### ROCAS CRETASICAS

Las rocas cretácicas(?) afloran en la parte septentrional de esta área. Estas rocas forman los cerros Las Mordazas, La Espina, Los Bebelamas y el Sombrerillo (Figura 4). Los mejores afloramientos se encuentran a lo largo de los arroyos. La sección consiste en lutitas, calizas y areniscas. La secuencia es rica en fósiles.

De abajo hacia arriba, la sección cercana al rancho Los Tanques consiste en lutitas y calizas, que afloran en los cerros al norponiente de mina Marroquin y al oriente del Cerro Las Mordazas.

La lutita es verde olivo y verde oscuro a verde claro. Esta imberiza a verde claro, gris claro o verde amarillento. Generalmente, la lutita es de capas delgadas a medianas, en algunos lugares se encuentra muy fisil y fosilífera.

La caliza es de estratificación mediana a gruesa, de color gris claro a verde claro. Tanto la lutita como la caliza están menos fracturadas que las rocas jurásicas infrayacentes. Microscópicamente las capas calcáreas están constituidas de calcita, cuarzo y microfósiles. En algunos de los cerros al suroriente del rancho Matamedagui, al norte del Arroyo Los Chinos, y al sur del rancho La Colgada, la caliza es rica en braquiopodos y ostreas. Topográficamente, hacia arriba, la secuencia está compuesta de capas delgadas a medianas de arenisca de color gris oscuro a claro. Característicamente la arenisca tiene estratificación laminar, diastratificación, estratificación gradada y rizaduras (*ripple marks*). Estudios petrográficos de la arenisca indican que está formada por cuarzo, plagioclasa muy alterada y fragmentos de roca (pedernal y volcánicos).

Cerca de la presa El Cumaro (norte del rancho

Santa Margarita) fue reconocida una sección diferente. La secuencia se compone de estratos de lutita y caliza. Las lutitas son de color verde claro en paquetes de 1 a 3 m. Las calizas de estratificación delgada a masiva son de color gris claro a oscuro, café rosado, café rojizo o blanco verdoso y su estratificación cambia hacia arriba de delgada a masiva. Muchas de las calizas son ricas en rudistas, pelecipodos, corales, gasteropodos, ostreas, **amonitas** y braquiopodos. Las calizas delgadas contienen pelecipodos que están deformados.

Las calizas de color café rojizo a rosado, de estratificación gruesa, contienen abundantes orbitolinas, algunas de las cuales están deformadas. Calizas masivas de 3 a más de 20 m de espesor y de color gris claro a café rosado cubren los cerros y, comúnmente, forman acantilados siendo uno de estos un canon. La lutita y la caliza delgada se encuentran **recristalizadas** y **foliadas**. El metamorfismo dinámico puede relacionarse con desplazamiento a lo largo de una falla, la cual produce deformación en los fósiles (pelecipodos y orbitolinas) así como recristalización y silicificación. En algunos lugares cortan las calizas **kink bands**, relacionados con la falla.

Al sur de la Canada Los Coyotes, al poniente del rancho Los Tanques, la secuencia se compone de lutitas negras muy fisiles que contienen braquiopodos de más de 10 cm de diámetro. Las calizas están muy deformadas y más fracturadas que las secuencias mencionadas previamente.

La litología de las secciones descritas es comparable a algunos estratos del Grupo Bisbee del Aptiano-Albiano, aunque la secuencia de esta área podría ser más antigua. Toda la secuencia es favorable para recolectar fósiles representativos del Cretácico Temprano.

Las rocas **cretácicas**(?) sobreyacen, concordante y tectónicamente por una falla de ángulo bajo, a la unidad E. Estas rocas también están en contacto tectónico con las unidades B y C. Los sedimentos **cretácicos** están cubiertos **discordantemente** por la Formación Baucarit y conglomerados más recientes.

**Ambiente de depósito de las rocas cretácicas.** — El depósito de las rocas cretácicas ocurrió, posiblemente, bajo la influencia de una transgresión marina proveniente del suroeste. El ambiente sedimentario de las rocas del Cretácico Inferior en el sur de Arizona es interpretado como un complejo deltaico (Hayes y Drewes, 1978) desarrollado en el margen de un mar que existió, principalmente en México, hacia el suroeste. El ambiente de depósito fue en aguas someras (epicontinentales), indicado por la diastratificación, rizaduras y oolitas. La caliza oolítica sugiere un ambiente de aguas someras afectado por corrientes u otras condiciones de energía alta. La estructura de la caliza masiva, rica en rudistas, se asemeja a un arrecife.

**Granito porfídico.** — La roca plutónica aflora cerca de la presa Cinco de Mayo y mina Dos Naciones, y en la parte septentrional a 1 km del rancho Santa Margarita (Figura 4). El granito está bien expuesto en el Cerro El Jitochi del cual forma parte. Los afloramientos del granito son comunes a lo largo del camino que va del rancho Santa Margarita al rancho Charaibabi cerca de la presa Cinco de Mayo. Generalmente, el granito porfídico está compuesto por cristales de feldespato potásico (ortoclasa), cuarzo, biotita y plagioclasa y es cortado por numerosas fallas normales, fracturas y pequeños diques aplíticos de 1 a 6 cm de anchura.

El granito intrusión a la unidad C y a la cuarcita Los Changos (Figuras 4 y 5). En algunos lugares, cerca de la presa Cinco de Mayo, las fallas normales e inversas modifican el

contacto con la unidad C. El granito forma parte, probablemente, del batolito de la Sierra de Aconchi y se encuentra bien expuesto al sureste del área. Si el granito es correlacionado con el de la Sierra de Aconchi quizá su edad sea similar a la edad (U-Pb en zircon. Anderson *et al.*, 1980) de 58 Ma de un granito que aflora cerca del poblado Puerta del Sol, 100 km hacia la parte meridional.

#### ROCAS TERCIARIAS

Las rocas terciarias sedimentarias y volcánicas están distribuidas ampliamente en el área. Estas afloran en las esquinas noreste, noroeste y suroeste del área y morfológicamente estas rocas forman mesetas y cerros de baja altitud. Con base en diferencias litológicas los sedimentos terciarios están divididos en cuatro unidades. Algunos de estos depósitos se consideran pertenecientes a la Formación Baucarit (King, 1939) que está distribuida ampliamente en Sonora. En el área de estudio la Formación Baucarit es dividida en dos unidades distintas ( $Tb_1$  y  $Tb_2$ ).  $Tb_1$ , esta compuesta por conglomerados;  $Tb_2$  consiste en conglomerados, sedimentos lacustres y basaltos intercalados.

**Rocas volcánicas.** — Las rocas volcánicas terciarias afloran en las partes septentrional y meridional del área (Figura 4). Estas rocas están formadas por un porfido andesítico de biotita, tobas y andesitas de plagioclasa.

El porfido andesítico de biotita se encuentra al oriente y norponiente del rancho El Carrizo, formando el Picacho Matamedagui, Cerro de Enmedio y Cerro El Cincuenta y Cinco (Figura 4). El Picacho Matamedagui al norponiente del rancho El Carrizo es una espina volcánica y en sus proximidades 1.5 km al suroeste de este, a lo largo del Arroyo El Saucito, la **andesita** forma un dique.

El porfido andesítico de biotita es de color blancuzco a gris claro o gris verdoso, y contiene fenocristales de plagioclasa (oligoclasa-andesina), piroxeno, cuarzo y es, característicamente, rico en biotita en una matriz afanítica.

El porfido andesítico intrusión a las unidades A y B y sobreyace a la unidad E, como se aprecia cerca del Cerro El Cincuenta y Cinco (Figura 4).

La edad considerada para esta **andesita** de biotita es del Terciario (Oligoceno tardío), debido a que el Dr. M. Shafiqullah (comunicación personal, 1983) analizó una roca similar, 10 km al norte, cuyo fechamiento isotópico (K-Ar) dio una edad oligocénica tardía (27.0 Ma).

La toba aflora en las partes noroccidental y suroccidental de esta área (Figura 4) y, localmente, constituye la parte superior de los cerros El Venado, Los Magueyes, Los Puertos, La Escondida y el cerro que se encuentra al oriente del lugar llamado Cuesta El Carrizo (1 km al norte del rancho El Carrizo). Hacia el sur, de las partes superiores de la Mesa Los Jacales, y los cerros La Calera, Los Bancos y La Pirinola.

La toba que aflora en la parte septentrional es gris verdoso e intemperiza a gris claro. Es afanítica con fenocristales de piroxeno diseminados y hacia la parte meridional **intemperiza** de café claro a café blancuzco. Está formada por plagioclasa, piroxeno y cuarzo en una matriz afanítica.

Estratigráficamente la toba sobreyace de manera discordante a las unidades A, B, D y E y su edad es incierta. Rangin (1982), quien trabajó cerca del rancho La Colgada, la asignó al Terciario y hacia el oriente Demant y Cocheme (1983) **asig-**

naron una edad oligocénica a las ignimbritas de una amplia meseta en la Sierra Madre Occidental.

El porfido de plagioclasa esta expuesto ampliamente, como pequeños cuerpos y diques, los cuales intrusionan a las rocas jurásicas y cretácicas. Además, se encuentra en afloramientos a lo largo del camino que lleva al rancho Santa Margarita (800 m al oriente de la Puerta Colorada) a un kilómetro al noroeste de este rancho y en el Arroyo Los Tablonés, 2 km al norponiente del Cerro La Pirinola.

El porfido de plagioclasa es de color café claro, verde claro o morado y esta constituido por fenocristales de plagioclasa y piroxeno en una matriz afanítica. Intrusiona a las unidades D y E y rocas cretácicas. Su edad es considerada como terciaria (oligocénica) basada en su relación y posición dentro de la secuencia sedimentaria y volcánica terciaria.

Las rocas volcánicas terciarias forman parte de una secuencia volcánica amplia, producida durante el Oligoceno(?), antes del cambio del régimen de compresión al de extensión.

**Formación Baucarit (Tb<sub>1</sub>).**— La Formación Baucarit (Tb<sub>1</sub>) aflora en la esquina noroccidental del área, al norponiente y suroriental del rancho El Carrizo (Figura 4). Esta unidad forma una meseta y cerros muy distintivos (Cerro Penascos Gueros) al surponiente del rancho Matamedagui. Sus estratos están constituidos por un conglomerado mal clasificado de color blanco a blanco amarillento formado por fragmentos de rocas volcánicas y plutónicas en una matriz tobacea. Los fragmentos varían desde angulosos hasta subredondeados de 1 a 5 cm de diámetro.

Generalmente, esta formación está bien consolidada. Las capas, por lo regular, se inclinan suavemente hacia el suroccidente cerca de fallas normales (Figura 4). Existe un conglomerado próximo al Cerro Penascos Gueros, que contiene un diquestrato intercalado de 1 m de espesor y de color café oscuro. Este diquestrato está compuesto de oligoclasa, biotita, hornblenda, augita y zircon en una matriz vítrica.

Localmente, esta formación (Tb<sub>1</sub>) sobreyace en forma discordante a las unidades A y B y a rocas cretácicas (Figura 4). Esta unidad Tb<sub>1</sub> está cubierta por sedimentos (Tb<sub>2</sub>) y aluvión. Basándose en una fecha isotópica de 21.7 Ma (K-Ar) de una andesita basáltica fechada por Damon (Roldán, 1979), se le asigna una edad miocénica temprana. En otros lugares la Formación Baucarit varía de edad, del Mioceno al Pliocuaternario (Demant y Cocheme, 1983). Esta formación puede ser correlacionada con el Conglomerado Gila del sur de Arizona, donde este tiene un espesor variable de 300 a 2,400 m (Heindl, 1952). El espesor de Tb<sub>1</sub> en el área es de aproximadamente 50 m.

**Brecha Pozo Nuevo (Tbr).**— Informalmente esta brecha terciaria de composición ígnea es llamada Pozo Nuevo, por los afloramientos que se encuentran casi 2 km al nororiental del rancho Santa Margarita (Figura 4). Por lo regular, la brecha está bien consolidada y estratificada débilmente. El color que predomina es morado rojizo o café oscuro. Además, está constituida por fragmentos derivados de las rocas volcánicas jurásicas(?) y del granito precámbrico Santa Margarita. Los clastos son angulares, varían de guijarros a penascos (+60 cm) con una matriz arenosa compuesta por las mismas litologías.

La brecha Pozo Nuevo sobreyace discordantemente al granito Santa Margarita y a la unidad C. La brecha no es muy extendida. Debido a que se encuentra en un lugar similar a la Tb<sub>1</sub> le es asignada a esta formación una edad miocénica

temprana. Su espesor es aproximadamente de 20 m, aunque el contacto inferior no está expuesto.

**Formación Baucarit (Tb<sub>2</sub>).**— La Formación Baucarit (Tb<sub>2</sub>) está expuesta ampliamente y aflora en el extremo noroccidental (norte del rancho Charaibabi), en la porción centrooccidental y en la esquina suroccidental del área. Morfológicamente la Tb<sub>2</sub> forma cerros bajos como son los Trincheras, El Recodo y Mesa El Temeroso (Figura 4).

La unidad Tb<sub>2</sub> consiste principalmente en areniscas, calizas y lutitas de origen lacustre, conglomerados y basaltos. Las areniscas, calizas y lutitas se encuentran restringidas en sus distribuciones.

La arenisca aflora en el camino que va del Pueblo Viejo al rancho Santa Margarita en el Arroyo El Bacuchi. Aquí la arenisca es de grano fino a medio, bien clasificada, forma capas delgadas color café claro, las cuales están más o menos consolidadas. Las areniscas forman un paquete de aproximadamente 10 m de espesor. La composición de los granos refleja las características de las rocas que afloran en los alrededores.

Estratigráficamente, arriba de las areniscas se encuentra un basalto de color gris azulado con vesículas llenas de calcita. El basalto es de más de 10 m de espesor, muy fracturado y está intercalado en los conglomerados.

Las calizas y lutitas, de posible origen lacustre, afloran 7 km al norte del rancho Charaibabi y 700 m al norponiente del rancho El Babiso; estas rocas están bien expuestas en el corte de un camino.

La lutita está interestratificada con algunas calizas en la parte inferior, es de color café claro, muy fisil y forma paquetes de 10 a 40 cm de espesor, los cuales presentan estratificación laminar. Sin embargo, la caliza que domina la parte superior es de estratificación delgada, laminar, de color café claro y grano fino.

El conglomerado está expuesto ampliamente y los sedimentos se encuentran en la parte septentrional del rancho Charaibabi y en las partes centrooccidental y meridional del área. La mayor parte del conglomerado muestra estratificación débil, sus capas son de color café claro. Los conglomerados en el área de Charaibabi tienen clastos de andesita y toba de 1 a 2 cm de diámetro. Los clastos son angulosos, contenidos en una matriz areno-tobacea de grano medio a grueso. En la parte centrooccidental, los conglomerados tienen la misma composición, pero los fragmentos son más grandes.

En la parte meridional el conglomerado es más grueso. Los clastos son de andesita, toba, basalto y granito, clasificados pobremente, su diámetro es de 2 a 15 cm y su matriz es arenosa. La característica principal de estos afloramientos es que los basaltos intercalados están particularmente bien expuestos y forman una meseta al oriente del rancho Mesa San Juan, llamada Mesa El Escobellal.

La unidad Tb<sub>2</sub> se encuentra, comúnmente, sobreyaciendo de manera discordante a las rocas volcánicas jurásicas(?) y a la unidad Tb<sub>1</sub>. Con base en sus relaciones estratigráficas, a la Formación Tb<sub>2</sub> se le considera más joven que la Tb<sub>1</sub>. La unidad Tb<sub>2</sub> sobreyace a la Tb<sub>1</sub>. La edad asignada a la unidad Tb<sub>2</sub> es miocénica media a tardía.

**Conglomerado (Tb).**— Este conglomerado terciario se encuentra en las partes suroccidental y noroccidental del área. Forma cerros bajos de color café blancuzco. A lo largo de la Canada San Juan se encuentran buenos afloramientos, donde los conglomerados están constituidos de clastos de granito y en menor proporción de fragmentos de origen volcánico. El

conglomerado es de color gris blancuzco a blanco, de grano fino a grueso, con matriz arenosa rica en cuarzo y feldespato. Los fragmentos están clasificados pobremente y en su mayoría son subredondeados, con un diámetro de 2 a 6 cm. Los clastos provienen, probablemente, del poniente, cerca de Meresichic, donde se encuentra aflorando rocas graníticas.

Hacia el norponiente el conglomerado está compuesto de fragmentos de andesita y toba, contenidos en una matriz arenoso-tobacea. En comparación con el otro conglomerado, este está mejor consolidado y muestra una estratificación incipiente. El conglomerado es de color café claro con clastos angulares que miden de 1 a 4 cm. Existen buenos afloramientos al oriente y norponiente del rancho La Colgada.

El conglomerado Tb, sobreyace discordantemente a Tb, y Tb,, a rocas cretácicas y a la unidad A de la secuencia jurásica. Debido a sus características litológicas y relaciones estratigráficas con las unidades Tb<sub>1</sub> y Tb<sub>2</sub>, se le asigna una edad pliocénico-cuaternaria.

**Ambiente de depósito.** — La Formación Baucarit y todas las capas terciarias se acumularon en cuencas pequeñas producidas por fallamiento vertical (Cuencas y Sierras) en el norponiente de México. La evidencia de cuencas pequeñas se basa en los cambios de composición de los clastos en distancias relativamente cortas.

#### CONCLUSIONES

En la región de Tuape las rocas precámbricas pueden ser separadas en tres unidades: gneis San Isidro, granito porfídico El Tuti y granito micrográfico Santa Margarita. Los granitos son similares al Granito Cananea (1.4 Ga) y al Granito Aibo (1.1 Ga), respectivamente.

Las rocas paleozoicas(?) están compuestas de una unidad nombrada informalmente cuarcita Los Changos.

Las rocas volcánicas jurásicas(?) que descansan sobre rocas precámbricas, consisten principalmente en porfidos de plagioclasa, brechas andesíticas y tobas piroclásticas. Estudios petrográficos indican una composición predominante andesítica.

Con base en sus diferencias litoestratigráficas, las rocas jurásicas volcánicas y silicásticas, cuyo basamento es desconocido, fueron divididas en cinco unidades: unidad A, unidad B, unidad C, unidad D y unidad E. Estas unidades consisten en capas volcánicas (unidades A y B) y lutitas, areniscas: limolitas, calizas y conglomerados (unidades C, D y E). Los estudios petrográficos de las unidades A y B sugieren que estas rocas son principalmente tobas piroclásticas de composición dacítica. Las areniscas se clasifican como areniscas itíticas. Los conglomerados contienen clastos de cuarcita, pedernal, caliza y menos comunes son las rocas volcánicas. Las calizas se encuentran esporádicamente en la secuencia, siendo más comunes en la unidad D.

Las rocas cretácicas(?) están formadas por lutitas, calizas y areniscas. Característicamente muchas de las calizas son ricas en fósiles. Las areniscas son areniscas-líticas.

Los sedimentos terciarios están compuestos, principalmente, de conglomerados con menos areniscas, lutitas y calizas. Los conglomerados contienen clastos de composición volcánica (andesita y toba) y granítica.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Thomas H. Anderson de la Universidad de Pittsburgh por su continuo interés en la realización de este artículo, por su ayuda económica y sus observaciones en el trabajo de campo. Asimismo al Dr. José Guerrero por su apoyo en la realización de este estudio.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J.G., Ordoñez, Ezequiel, y Buelna, R.F., 1896, Bosquejo geológico de México: Inst. Geol. México, Bol. 4-6, 272 p.
- Anderson, J.L., 1982, Petrogenic evolution of proterozoic orogenic granites of North America: Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, v. 14, p. 432 (resumen).
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1971, Preliminary history for Precambrian rocks, Bamori region, Sonora, México: Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, v. 3, p. 72-73 (resumen).
- 1977, U-Pb isotope ages of granitic plutons near Cananea, Sonora: Economic Geology, v. 72, p. 827-836.
- 1978, Jurassic magmatism in Sonora, México: Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, v. 10, p. 359 (resumen).
- 1979, The role of the Mojave Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora: *in* Anderson, T.H., y Roldan-Quintana, Jaime, eds., *Geology of northern Sonora*. San Diego, Univ. Pittsburgh, Geol. Soc. America, Ann. Meeting, v. 1, p. 59-68.
- i n e d i t o , Aibo granite, northwestern Sonora, México; Its age and regional implications (inedito).
- Anderson, T.H., Silver, L.T., y Salas, G.A., 1980, Distribution and U-Pb isotope ages of some lineated plutons, northwestern México: Geol. Soc. America, Mem. 153, p. 269-283.
- Arellano, A.R.V., 1946, Noticias geológicas del distrito de Altar, Sonora: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 12, p. 1-11.
- 1956, Relaciones del Cámbrico de Caborca, especialmente con la base del Paleozoico: *in* Rodgers, J., ed., *El Sistema Cámbrico, su paleogeografía y el problema de su base*; pte. II Australia, América. México, D. F., Cong. Geol. Intern., 20, p. 509-527.
- Beauvais, Louise, y Stump, T.E., 1976, Corals, molluscs and paleogeography of Late Jurassic strata of the Cerro Pozo Serna, Sonora, México: *Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology*, v. 19, p. 275-301.
- Bergquist, J.R., Blacet, P.M., Miller, S.T., 1978, Reconnaissance geologic map of the Santa Rosa Mountains quadrangle, Pima County, Arizona: U.S. Geol. Survey, Misc., Field Studies, Map MF-935, scale 1:62,500.
- Briskey, J.A., Haxel, G., Peterson, J.A., y Theodore, T.G., 1978, Reconnaissance geologic map of the Gu Achi quadrangle, Pima County, Arizona: U.S. Geol. Survey, Misc., Field Studies, Map MF-965, scale 1:62,500.
- Cooper, G.A., y Arellano, A.R.V., 1946, Stratigraphy near Caborca, northwest Sonora, México: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, v. 30, p. 606-619.
- 1952, Introduction and stratigraphy: *in* Cooper, G.A. *et al.*, eds., *Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, México*: *Smithso-*

- nain *Misc.*, Coll. 119, p. 1-23. Su version en español fue publicada en 1954 como Boletín 58 del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cordoba, D.A., y Rangin Claude, 1976, Extension de la cuenca cretácica chihuahuense en Sonora septentrional: *Acapulco, Mexico, Cong. Lationamer. Geol.*, 3, p. 114 (resumen).
- Corona, F.V., 1980, Reconnaissance geology of Sierra La Gloria and Cerro Basura northwestern Sonora, Mexico: Univ. Pittsburgh, tesis de maestría, 232 p. (inedita).
- 1981 Stratigraphy and structure of Jurassic sequence at Sierra La Gloria and Cerro Basura, northwestern Sonora, Mexico: *Geol. Soc. America, Abstr. with Programs*, v. 13, p. 50 (resumen).
- Damon, P.E., Livingston, D.E., Mauger, R.L., Giletti, B., y Pantoja-Alor, Jerjes, 1962, Edad del Precámbrico "Anterior" y de otras rocas del zocalo de la región de Caborca-Altar de la parte noroccidental del Estado de Sonora: *Univ. Nal. Auton. Mexico, Inst. Geologia, Bol.* 64, p. 11-44.
- Demant, Alain, y Cocheme, J.J., 1983, Le volcanisme basaltique mio-pliocene de la fronteira Sonora-Chihuahua, Sierra Madre Occidental, Mexico: *Acad. Sci. Paris, Comp. Rend.*, T-296, p. 1253-1258.
- Drewes, Harald, 1971, Mesozoic stratigraphy of the Santa Rita Mountains, southeast of Tucson, Arizona: *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 658-C*, 81 p.
- 1981, Tectonics of southeastern Arizona: *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 1144*, 93 p.
- Drewes, Harald, y Cooper, J.R., 1973, Reconnaissance geologic map of the west side of the Sierrita Mountains, Palo Alto Ranch quadrangle, Pima County, Arizona: *U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map MF-538*, scale 1:24,000.
- Dumble, E.T., 1900, Notes on the geology of Sonora, Mexico: *Am. Inst. Min. Eng. Trans.*, v. 29, p. 122-152.
- 1902, Notes on the geology of southeastern Arizona: *Am. Inst. Min. Eng. Trans.*, v. 31, p. 696-715.
- Emslie, R.F., 1978, Anorthosite massifs, rapakivi granites, and late Proterozoic rifting of North America: *Precam. Research*, v. 7, p. 61-98.
- Flores, Teodoro, 1929, Reconocimientos geológicos en la región central del estado de Sonora: *Inst. Geol. Mexico, Bol.* 49, 267 p.
- Fries, Carl, Jr., 1962, Resena de la geología del Estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico: *Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros*, v. 14, p. 257-273.
- Gastil, R.G., y Kruppenacher, Daniel, 1977, Reconnaissance geology of coastal Sonora, between Puerto Lobos and Bahía Kino: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 88, p. 189-198.
- Gonzalez-Leon, Carlos, 1978, Geología del área de Arizpe, Sonora centro-septentrional: Hermosillo, Univ. Sonora, tesis profesional, 66 p. (inedita).
- 1979, Geology of the Sierra del Alamo: *in* Anderson, T.H., y Roldan-Quintana, Jaime, eds., *Geology of northern Sonora*. San Diego, Univ. Pittsburgh, *Geol. Soc. America, Ann. Meeting*, v. 1, p. 23-31.
- Guzman, E.J., y Cserna, Zoltan de, 1963, Tectonic history of Mexico: *Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem.* 2, p. 113-119.
- Hardy, L.R., 1981, Geology of the central Sierra de Santa Rosa, Sonora, Mexico: *in* Ortlieb, Luc, y Roldan-Quintana, Jaime, eds., *Geology of north western Mexico and southern Arizona*. Hermosillo, Sonora, Univ. Nal. Auton. Mexico, *Inst. Geologia, Estacion Regional del Noroeste*, p. 73-98.
- Haxel, G., Briskey, J.A., Rytuba, J.J., Bergquist, J.R., Blacet, P.M., y Miller, S.T., 1978, Reconnaissance geological map of the Comobabi quadrangle, Pima County, Arizona: *U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map MF-964*, scale 1:62,500.
- Haxel, G., May, D.J., Wright, J.E., y Tosdal, R.M., 1980a, Reconnaissance geological map of the Baboquivan Peak quadrangle, Arizona: *U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map MF-1251*, scale 1:62,500.
- Haxel, G., Wright, J.E., May, D.J., y Tosdal, R.M., 1980b, Reconnaissance geology of the Mesozoic and lower Cenozoic rocks of the southern Papago Indian Reservation, Arizona: *in* Jenny, J.P., y Stone, Claudia, eds., *Studies in western Arizona (A preliminary report)*. Arizona Geol. Society Digest, v. 12, p. 17-29.
- Haxel, G., May, D.J., y Tosdal, R.M., 1981, Reconnaissance geologic map of the Presumido Peak 15' quadrangle, Arizona: *U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map MF-1378*, scale 1:62,500.
- Hayes, P.T., 1970, Cretaceous paleogeography of southeastern Arizona and adjacent areas: *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 658-B*, 48 p.
- Hayes, P.T., y Drewes, Harald, 1978, Mesozoic depositional history of southeastern Arizona: *New Mexico, Geol. Society, Field Conference, land of Cochise, Guidebook 29*, p. 201-207.
- Heindl, A.L., 1952, Gila conglomerate: Tucson, Arizona Geol. Society, *Guidebook of southern Arizona*, p. 113-116.
- Jacques-Ayala, Cesar, 1981, Late Jurassic(?) —Early Cretaceous — volcanic, volcanoclastic and sedimentary rocks of Cerros La Cuchilla and El Chanate, northwestern Sonora, Mexico: *Geol. Soc. America, Abstr. with Programs*, v. 13, p. 62 (resumen).
- 1983, Sierra El Chanate, northwestern Sonora, Mexico; stratigraphy, sedimentology, and structure: *Cincinnati, Ohio, Univ. Cincinnati, tesis de maestría*, 143 p. (inedita).
- Jaworsky, E., 1929, Eine Lias-faune aus nordwest-Mexiko: *Abh. schweiz. palaeont. Cesell.*, v. 48, p. 1-12.
- Keller, W.T., 1928, Stratigraphische Beobachtungen in Sonora (Nordwest Mexiko): *Eclogae geol. Helvetiae*, v. 21, p. 327-335.
- King, R.E., 1934, Geological reconnaissance of central Sonora: *Amer. Jour. Sci.*, v. 164, p. 82-101.
- 1939, Geological reconnaissance of northern Sierra Madre Occidental, Mexico: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 50, p. 1623-1722.
- Kluth, C.F., 1983, Geology of northern Canelo Hills and implications for the Mesozoic tectonics of southeastern Arizona: *in* Reynold, M.W., y Dolly, E.D., eds., *Mesozoic paleogeography of west-central United States*. Denver, Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, *Rocky Mountain Section*, p. 159-170.
- Leon, F.L., y Miller, C.P., 1981, Geology of the Creston molybdenum-copper deposit: *in* Ortlieb, Luc, y Roldán-Quintana, Jaime eds., *Geology of northwestern Mexico and southern Arizona*. Hermosillo, Sonora, Univ. Nal.

- Auton. Mexico, Inst. Geologia, Estacion Regional del Noroeste, p. 223-238.
- Loiselle, M.C., y Wones, D.R., 1979, Characteristics and origin of anorogenic granites: *Geol. Soc. America*, Abstr. with Programs, v. 11, p. 468 (resumen).
- Longoria, J.F., y Perez-Venzor, A., 1978, Bosquejo geológico de los cerros Chino y Rajon, cuadrangulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora): Univ. Sonora, Dept. Geologia, Bol., v. 1, p. 119-144.
- May, D.J., y Haxel, G., 1980, Reconnaissance geologic map of the Sells quadrangle, Pima County, Arizona: U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map MF-1166, scale 1:62,500.
- May, D.J., Peterson, D.W., LeVeque, R.A., y Tosdal, R.M., en proceso, Reconnaissance geological map of the Diaz Peak quadrangle, Pima County, Arizona: U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies Map.
- Organizacion de las Naciones Unidas (O.N.U.), 1969, Survey of metallic mineral deposits, Mexico: Nueva York, United Nations Development Program, 72 p.
- Raisz, Erwin, 1964, Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., mapa con texto, escala 1:3,000,000.
- Rangin, Claude, 1977, Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora septentrional: Univ. Nal. Auton. Mexico, Inst. Geologia, Revista, v. 1, p. 1-14.
- 1978 Consideraciones sobre la evolucion geologica de la parte septentrional del Estado de Sonora: *in* Roldán-Quintana, Jaime, y Salas, G.A., eds., Libro-guia, Primer Simposio sobre la Geologia y Potencial Minero en el Estado de Sonora, Hermosillo, Univ. Nal. Auton. Mexico, Inst. Geologia, p. 35-55.
- 1982, Contribution a l'etude géologique du Systeme cordillerain du Nord-Ouest du Mexique: Paris, Univ. Pierre et Marie Curie, disertacion doctoral, 588 p. (inedita).
- Ransone, F.L., 1904, Description of the Bisbee quadrangle, Arizona: U.S. Geol. Survey, Folio 112, 17 p.
- Roldan-Quintana, Jaime, 1979, Geologia y yacimientos minerales del distrito San Felipe, Sonora, Mexico: Univ. Nal. Auton. Mexico, Inst. Geologia, Revista, v. 3, p. 97-115.
- Rytuba, J.J., Till, A.B., Blair, W., y Haxel, B., 1978, Reconnaissance geologic map of the Quijotoa Mountains quadrangle, Pima County, Arizona: U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map MF-937, scale 1:62,500.
- Silver, L.T., 1968, Precambrian batholiths of Arizona: *Geol. Soc. America*, Spec. Paper 121, p. 558-559 (resumen).
- Silver, L.T., y Anderson, T.H., 1974, Possible left-lateral early to mid-Mesozoic disruption of the southwestern North American Craton margin: *Geol. Soc. America*, Abstr. with Programs, v. 6, p. 955-956 (resumen).
- Stewart, J.H., 1970, Upper Precambrian and Lower Cambrian strata in the southern Great Basin, California and Nevada: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 620, 206 p.
- 1982, Regional relations of Proterozoic Z and Lower Cambrian rocks in the western United States and northern Mexico: *in* Cooper, J.D., Troxel, B.W., y Wright, L.A., eds., Geology of selected areas in the San Bernardino Mountains, western Mojave desert, and south Great Basin, California. Anaheim, Calif., Geol. Soc. America Ann. Meeting, Guidebook, p. 171-186.
- Stoyanow, Alexander, 1942, Paleozoic paleogeography of Arizona: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 53, p. 1255-1282.
- Taliaferro, N.L., 1933, An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, Mexico: *Jour. Geology*, v. 41, p. 12-37.
- Tosdal, R.M., Peterson, D.W., May, D.J., LeVeque, R.A., y Miller, R.J., en proceso, Reconnaissance geologic map of the Mt. Ajo and adjacent parts of the Pisinimo 15' quadrangle, Pima County, Arizona: U.S. Geol. Survey, Misc. Field Studies, Map.
- White, A.J.K., 1979, Source of granite magmas: *Geol. Soc. America*, Abstr. with Programs, v. 11, p. 539 (resumen).
- White, D.E., y Guiza, R., 1949, Antimony deposits of El Antimonio district, Sonora, Mexico: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 962-B, p. 81-119.
- Wright, J.E., Haxel, G., y May, D.J., 1981, Early Jurassic uranium-lead isotopic ages for Mesozoic supracrustal sequences, Papago Indian Reservation, southern Arizona: *Geol. Soc. America*, Abstr. with Programs, v. 13, p. 115 (resumen).

Manuscrito presentado: 22 de octubre de 1984.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 22 de enero de 1985.

Manuscrito aceptado: 29 de abril de 1985