

ESTRATIGRAFIA DE LOS ALREDEDORES DE
LA MINA DE FIERRO DE EL ENCINO,
JALISCO

Jerjes Pantoja Alor*
Samuel Estrada Barraza**

RESUMEN

La Formación Tecalitlán es la unidad más antigua que aflora en los alrededores de la Mina de El Encino, en el Municipio de Pihuamo, Estado de Jalisco. Consiste de una gruesa secuencia de rocas volcánicas continentales de composición ácida a intermedia y de edad neocomiana. Le sobreyacen con marcada discordancia angular los sedimentos volcanoclásticos marinos de la Formación Encino, la cual ha sido dividida en dos miembros; el miembro inferior es del Aptiano superior y el miembro superior es del Albiano inferior.

Una discordancia angular separa a la Formación Encino de la unidad suprayacente, que es la Formación Vallecitos. Su parte inferior denominada miembro robáceo, consiste de tobas, derrames lávicos y conglomerados con abundante celadonita, todo depositado en un ambiente marino. A la parte superior de la Formación Vallecitos se le denomina miembro calcáreo y consiste de caliza arrecifal dolomitizada, con abundantes rudistas y bivalvos, entre los que destacan *Coalcomana ramosa* (Boehm) y *Chondrodonta* sp. de edad albiana temprana, no descartando que pudiera extenderse hasta el Albiano medio. Inmediatamente al oriente y fuera del área estudiada, al miembro calcáreo le sobreyace concordantemente una gruesa secuencia de rocas volcánicas marinas y continentales cuya edad posiblemente alcance hasta el Cenomaniano.

Intrusiona a la secuencia del Cretácico Inferior un cuerpo plutónico y rocas hipabisales afines, de composición cuarzomonzonítica con facies granodioríticas y dioríticas, cuya edad de emplazamiento, dado su carácter compuesto y complejo, pueda corresponder a dos eventos magmáticos: uno del Albiano temprano y el último de finales del Cretácico Tardío principios del Terciario temprano.

El magmatismo que da origen a las rocas volcánicas e intrusivas de la región queda enmarcado dentro de un arco magmático insular de carácter

calcialcalino que se inicia probablemente a finales del Jurásico Tardío.

ABSTRACT

The Tecalitlan Formation is the oldest unit that crops out in the vicinity of El Encino mine, in the Municipality of Pihuamo, State of Jalisco. Consists of a thick sequence of continental volcanic rocks, of acid to intermediate composition and of Neocomian age. It is overlaid with marked angular unconformity by marine volcanoclastic deposits making up the Encino Formation, which has been subdivided into two members: a lower member of later Aptian age and an upper member of early Albian age.

An angular unconformity separates the Encino Formation from the overlying Vallecitos Formation, whose upper part consists of tuffs, lava flows and conglomerates with abundant celadonite, all deposited in a marine environment. Its upper part, a calcareous member, concordantly overlies the lower tuffaceous member and consists of dolomitized reef limestone with abundant rudists and bivalves, in which *Coalcomana ramosa* (Boehm) and *Chondrodonta* sp. are important for they indicate an early Albian age. However, these rocks may extend into the middle Albian.

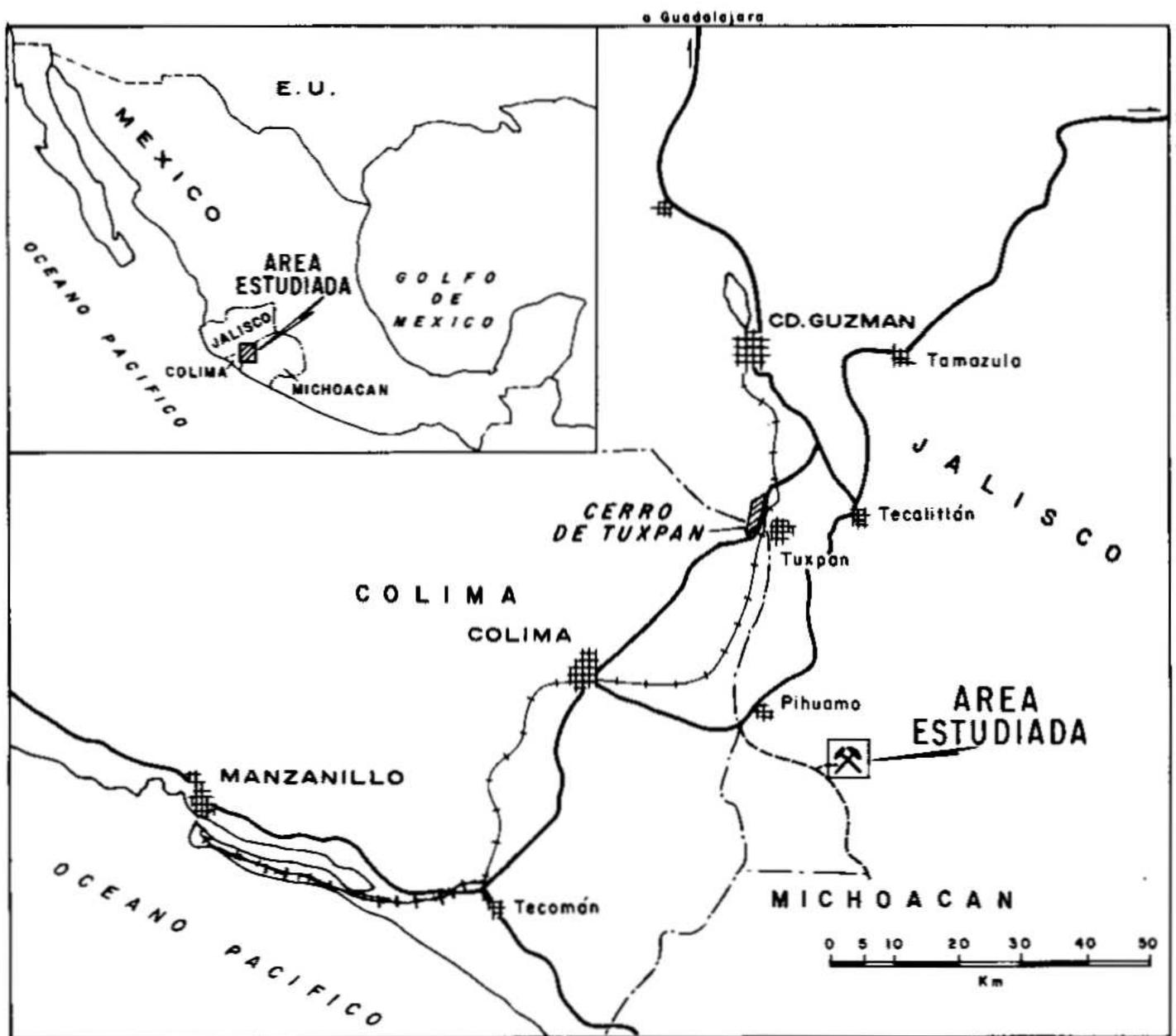
Next to the east, but outside of the studied area, the calcareous member is overlain concordantly by a thick sequence of marine and continental volcanics which may extend into the Cenomanian.

The Lower Cretaceous sequence is intruded by plutonic body and associated hypabissal rocks of quartzmonzonitic composition, with granodioritic to dioritic phases; because of its complex and composite character, its time of emplacement could correspond to two magmatic events: one during the early Albian, while the second towards the end of the Late Cretaceous or beginning of the early Tertiary.

The magmatic activity which originated the volcanic and intrusive rocks of the region, was active within a calcalkaline magmatic island arc which started probably toward the end of the Late Jurassic.

Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

** Las Encinas, S.A. (HYLSA). Monterrey, N.L.



INTRODUCCION

La finalidad de este trabajo es describir la secuencia estratigráfica del Cretácico Inferior que aflora en los alrededores de la Mina de Fierro de El Encino, localizada unos 15 km al sur del pueblo de Pihuamo, Jal., en terrenos del Municipio del mismo nombre. El acceso se realiza siguiendo por 10 km el camino revestido a Coalcomán, Mich., el cual parte de la Carretera Federal No. 110 (Tecalitlán-Colima) a la altura del teleférico que transporta el mineral de fierro. Posteriormente se toma una desviación a la izquierda y se continúa por 2 km hasta llegar a las instalaciones de la Mina de El Encino (Figura 1).

La geología de la región ha sido tratada por diferentes autores: Labarthe y Rodríguez (1959) realizaron un estudio geológico de la zona ferrífera de Pihuamo, informe inédito; Meave y Echegoyen (1961) describen los yacimientos ferríferos de la región de Tecalitlán y Pihuamo. En 1972, Piñero describe las unidades litológicas de la Formación Tobas Encino. Estrada (1972), elabora un informe técnico sobre la geología de la Mina. Posteriormente Pantoja Alor (1974) realiza un estudio de la geología y estructura del Tajo de San Pascual. Cuthill y Zárate (1979) estudian la mineralización de los cuerpos de fierro de El Encino, Zárate (1983) trata de las operaciones minero-metalúrgicas de Peña Colorada, El Encino y Minera Capela. Existen varios estudios inéditos elaborados por geotécnicos de Las Encinas, S.A. los cuales se encuentran en los archivos de dicha empresa, destacando los realizados por Labarthe, Jiménez y Martínez Bermúdez.

La geología y las observaciones en el campo fueron realizadas por Pantoja Alor en diferentes épocas (1974, 1978, 1981). Los resultados de estas experiencias fueron transferidos a un plano geológico escala aproximada 1: 15,000 el cual fue reducido para presentar el mapa geológico de la figura 4.

La sección geológica de la cañada del Arroyo La Navidad fue medida originalmente por Piñero (1972) y posteriormente medida y modificada por Pantoja Alor (1974, 1978) quedando finalmente como se presenta en la figura 2.

A principios de 1978 el primer autor, acompañado del Dr. John Cuthill de Las Encinas, S.A. y las Doctoras Gloria Alencaster de Félix y Blanca Estela Buitrón, del Instituto de Geología de la UNAM visitaron además del Cerro de Tuxpan, Jal. las tres localidades fosilíferas que aparecen en el plano geológico de la figura 1. La fauna colectada sirvió para asignar la edad de las Formaciones Encinos y Vallecitos y es objeto de otro trabajo que aparece en este boletín.

ESTRATIGRAFIA

La región de Pihuamo, Jal., dentro de la cual se localiza el área estudiada de la Mina de El Encino, queda comprendida dentro de un arco magmático insular de carácter calciocalino que se inicia probablemente a finales del Jurásico Tardío (Pantoja Alor, 1983, p. 9). En la evolución de un arco magmático insular se reconoce una amplia gama de procesos geológicos que a su vez producen una gran variedad de litologías resultantes de ambientes geodinámicos cambiantes tanto en el tiempo como en el espacio. Dentro de este marco tectónico es posible el depósito de grandes volúmenes de material volcánico y volcanoclástico subaéreo junto al desarrollo de grandes estructuras volcánicas cuya parte superior puede adquirir un carácter continental. En el mismo lapso las cuencas adyacentes reciben una aportación menor de piroclásticos y material terrígeno fino que se refleja en delgadas columnas estratigráficas para igual periodo de tiempo geológico. Alternados con los eventos volcánicos ocurren periodos de calma que permiten el desarrollo de cuencas de aguas someras muy oxigenadas favorables al crecimiento de bancos de caliza arrecifal, las cuales en un corto lapso pueden ser sepultadas por una nueva fase de vulcanismo. Dentro de los ambientes antes descritos se visualiza el desarrollo de la estratigrafía del área en estudio (figura 3).

CRETACICO

FORMACION TECALITLAN

Los autores consideraron conveniente extender y dar formalmente el nombre de Formación Tecalitlán a las rocas volcánicas continentales que afloran al poniente de la Mina de El Encino y cuya posición estratigráfica y composición es similar a las rocas expuestas en los alrededores de Tecalitlán. Los mejores afloramientos se observan sobre la Carretera Federal No. 110 entre Tecalitlán y la rancharía de Carrizarillo, rumbo a Pihuamo.

El nombre de Volcánicas Rojas Tecalitlán fue anteriormente utilizado por Pantoja Alor (1969) para designar informalmente a una gruesa secuencia de derrames, brechas, tobas soldadas y otros piroclásticos de composición riolítica a andesítica, pero predominantemente dacítica que suhacen a margas y calizas arrecifales con *Orbitolina* sp. y rudistas en los cerros de Tuxpan y de la Peña Blanca de Atenquique, Jal.

Dentro del área estudiada constituyen las rocas basales sobre las que descansa la secuencia volcanoclástica y calcárea del Albiano. En el mapa

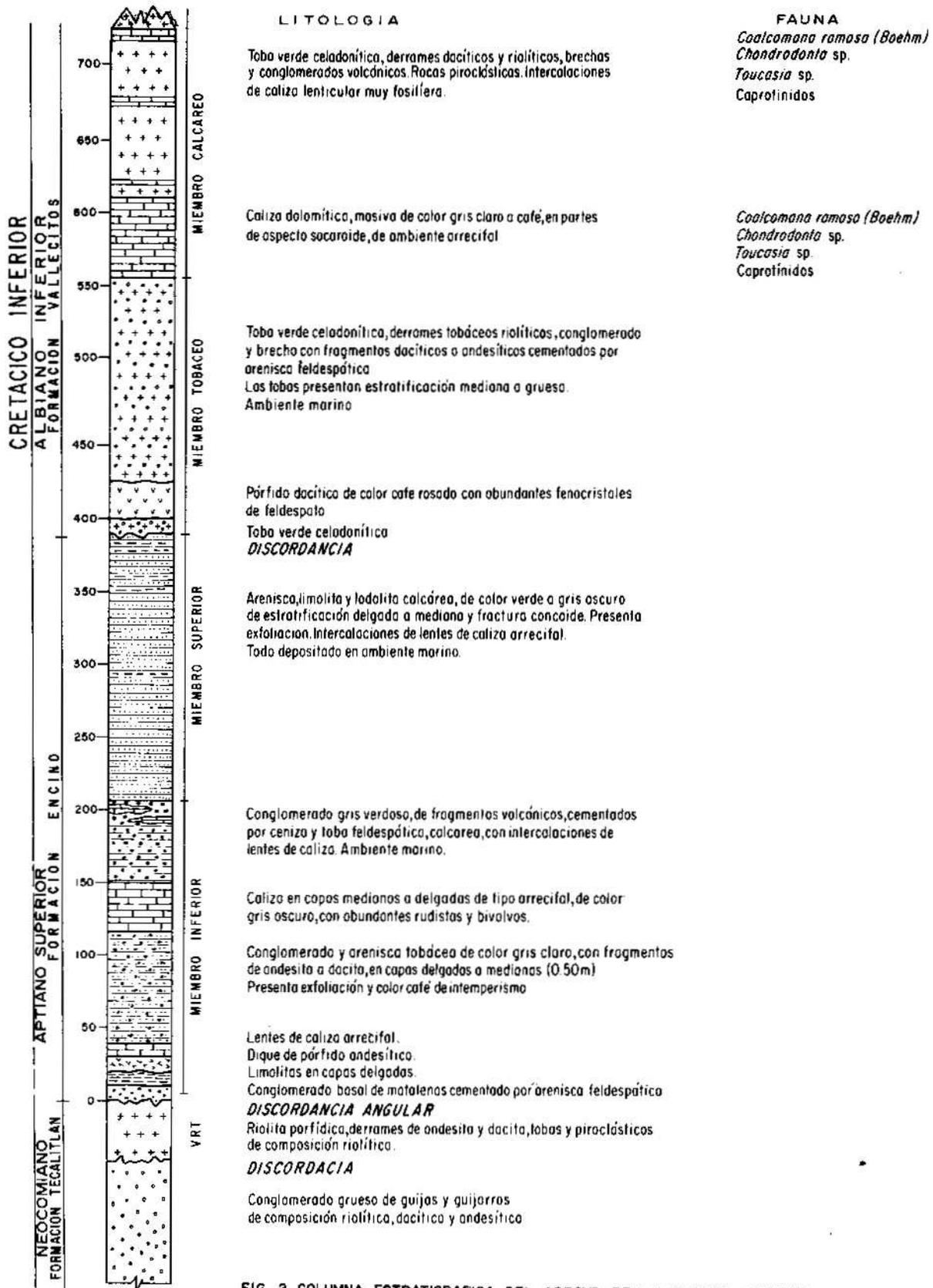


FIG. 2 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL ARROYO DE LA NAVIDAD, PIHUAMO, JALISCO.

geológico (figura 4) esta unidad se extiende en una franja de amplitud variable desde el Cerro de Jilotlancillo hasta un kilómetro antes del Arroyo de Cerro Prieto. En la barranca que forma este último arroyo se encuentra expuesto por falla otro afloramiento en forma de media luna.

Uno de los mejores afloramientos de esta unidad está expuesto sobre el Arroyo del Encino, desde el cruce del camino carretero debajo del teleférico hasta el pie de los terrenos del Tajo San Pascual. La secuencia consiste de derrames porfídicos de composición riolítica a dacítica con intercalaciones de tobas, todo muy compacto y de color rojizo a café pardo. Una muestra de esta sección estudiada al microscopio, fue clasificada como pórfido riolítico. Está formada por fenocristales de feldspatos y cuarzo incluidos en una matriz microcristalina constituida esencialmente por sanidina. Las plagioclasas (andesina-oligoclasa) presentan incipientes alteración a minerales arcillosos, situación que ocurre también con el sanidino. Los ferromagnesianos son escasos alterándose a clorita, hematita y limonita. Se observaron algunos cristales euedrales de magnetita y pirita parcialmente alterada a hematita y limonita. El cuarzo secundario se presenta en agregados cristalinos de extinción ondulante, rellenando fracturas y vetillas. La roca presenta alteración supergénica.

La cima de la Formación Tecalitlán en la parte alta del Cerro de Jilotlancillo (figura 4) se encuentra constituida por una roca de grano fino de color gris verdoso de apariencia basáltica, con nódulos de calcita. El estudio petrográfico la clasifica como andesita amigdaloides; está formada por agregados de microlitos de andesina-oligoclasa con algunos fenocristales diseminados de la misma oligoclasa. Se observaron algunos ferromagnesianos diseminados (probablemente anfíbolos) en fenocristales que han sido totalmente reemplazados por la clorita, hematita y limonita. Flotan dentro de la matriz microcristalina fragmentos líticos que ocurren como xenolitos, que consisten en roca muy alterada de tipo andesítico. La magnetita aparece diseminada en microcristales euedrales y subbedrales. Las amígdalas de la roca están rellenas por una fina película de clorita con algunos cristales y franjas finas de cuarzo, seguidas de abundante calcita. Se considera a esta roca como hipabisal alterada por hidrotrenalismo. Sobre ella descansan limolitas negras y calizas de la Formación Encino.

De la misma roca andesítica descrita en el párrafo anterior, se tomó una muestra a la cual se le determinó una edad de 93 ± 4 m.a. (en Pantoja Alor, 1983, p. 5) correspondiente a principios del Turoniano. Puesto que las volcánicas rojas tienen

una edad paleontológica al menos prealbiana la edad de esta roca hipabisal puede indicar un periodo intrusivo en dicha época, o bien una rehomogenización de los minerales por efectos térmicos, debido al emplazamiento del Tronco de Pihuamo, cuya edad más antigua se considera del Cretácico Medio (Damon, comunicación personal) con rejuvenecimiento del plutonismo en el Paleoceno.

El contacto entre el miembro inferior de la Formación Encino y las volcánicas de la Formación Tecalitlán presenta marcada angularidad en todos los afloramientos donde se le ha observado. En la barranca del Arroyo de La Navidad, las últimas capas de la Formación Tecalitlán consisten de unos 40 m de toba riolítica con fragmentos líticos de riolita porfídica. Le subyace un derrame de andesita de color gris verdoso, de textura fina, de la cual se tomó una muestra para su estudio petrográfico que permitió clasificarla como una andesita microlítica. Se continúa bajando en la sección con derrames, brechas y tobas de composición riolítica a andesítica, con intercalaciones de conglomerados de cantos, guijas y guijarros de rocas volcánicas varicoloreadas, cementados por una matriz feldespática de grano muy fino ((ceniza?) fuertemente silicificada.

La edad de la Formación Tecalitlán en el área de la Mina El Encino ha sido motivo de controversia. Los primeros informes técnicos la consideraron terciaria, explicando su posición basal como resultado de una cabalgadura de las rocas cretácicas. Con base en un estudio geológico-económico (Pantoja Alor, 1969) realizado en la región de Tecalitlán, se estableció la posición estratigráfica de esta unidad. Pantoja-Alor (1974) al realizar un estudio en el área de La Mina de El Encino pudo establecer su posición asignándole una edad neocomiana, en base a su correlación estratigráfica y la edad de los fósiles de la Formación Encino que le sobreyace, similares a los de la sección de Tuxpan, Jalisco (Buitrón, *et ál.*, 1978, p. 12).

En base a su cronología y posición estratigráfica la Formación Tecalitlán es correlacionable con la parte superior volcanoclástica de la Formación San Lucas de la región de Huetamo, Mich. Su base no aflora dentro del área en estudio por lo que no fue posible medir su espesor, el cual, dado su carácter volcánico, se considera bastante variable dependiendo del acercamiento o lejanía de los conductos de extravasación. En la región de Tecalitlán la columna expuesta sobrepasa los 2,000 metros.

El vulcanismo que dio origen a la Formación Tecalitlán se enmarca dentro de una área positiva o de abultamiento de un arco magmático insular del Cretácico Temprano, cuyo eje de máximo desarrollo ocurre inmediatamente al norte y noroeste

ERA SISTEMA	SERIES	PISOS EUROPEOS	HUETAMO (1)	CD. ALTAMIRANO ARCELIA (2)	MINA EL ENCINO	
CUATERNARIO	PLEISTOCENICA		ALUVION	ALUVION	ALUVION	
TERCIARIO	PLIO-CENICA			ALUVION Y CALICHE		
	MIOCENICA			DERRAMES PIROCLASTICOS		
	OLIGO-CENICA		SERIE VOLCANICA CHARACHARANDO	TOBAY DEPOSITOS VOLCANICOS EPI-CLASTICOS		
	EDCENICA		FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS		
	PALEO-CENICA					
CRETACICO	SUPERIOR GULFIANA	DANIANO				
		MAESTRICHIANO				
		CAMPAÑANO		FORMACION MAL PASO	FORMACION MAL PASO	
		SANTONIANO				
		CONIACIANO				
	INFERIOR COAHUILIANA (COMANGCHEANA)	TURONIANO				
		CENOMANIANO				
		ALBIANO	FORMACION MORELOS		CALIZA Y LUTITA	FM. VALLECITOS
		APTIANO				FM. ENCINO
		NEOCOMIANO	FORMACION SAN LUCAS			FORMACION TECALITLAN
JURASICO SUPERIOR		FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO			
TRIASICO SUPERIOR						
PALEOZOICO			ROCAS METAMORFICAS			
PRE-CAMBRICO SUPERIOR						

Fig. 3.- Tabla de Correlacion Estratigráfica.

del área cartografiada. Aunque no se han estudiado geoquímicamente estas rocas los autores las enmarcan dentro de la "suite" calialcalina típica de arco magmático insular.

FORMACION ENCINO

Este nombre es introducido formalmente por los autores para designar una serie de rocas volcánoclasticas marinas que consisten de conglomerados, tobas epiclásticas gris verdosas granulométricamente representadas por areniscas, limolita y lodolitas, con intercalaciones lenticulares de caliza, que sobreyacen en discordancia angular por volcanclastos, derrames subaéreos y calizas de la Formación Vallecitos. La Formación Encino se divide en dos unidades que corresponden a miembros. Como localidad tipo de ambos miembros se escogió a la barranca del Arroyo de La Navidad, localizada dentro de los fundos de la empresa minera Las Encinas, S.A., en terrenos del antiguo rancho de El Encino.

El área de El Encino fue estudiada con cierto detalle por Piñeiro (1972) quien utilizó de una manera informal y por primera vez el nombre de Formación Tobas Encino; midió además cuatro secciones estratigráficas de esta unidad, correspondientes a las cañadas aledañas al Tajo San Pascual, incluida la del Arroyo de La Navidad. Casi contemporáneamente Estrada (1972) en un estudio técnico utiliza las divisiones propuestas por Piñeiro (op. cit.) conservando el nombre de Formación Tobas Encino.

La presencia de *Cassiope* sp. *Nerinea* sp. *Radiolites* sp., junto con *Orbitolina* sp. en las capas basales del Miembro Inferior, fauna muy parecida a la estudiada por Buitrón y colaboradores (1978, p. 12) en el Cerro de Tuxpan, Jalisco, permite suponer el inicio de este nuevo ciclo de sedimentación marina muy al final del Aptiano tardío o al inicio del Albiano temprano. La persistencia en los bancos arrecifales de *Coalcomana ramosa* (Boehm), *Chondrodonta* sp. *Toucasia* sp. y rudistas caprotínidos muy abundantes indica una edad del Albiano temprano para el resto de la secuencia de la Formación Encino. Por su posición estratigráfica y la presencia de *Orbitolina* sp. en la parte basal, se puede correlacionar esta unidad con las calizas inferiores y clásticos finos de la región de Huatamo, Michoacán, asignadas originalmente por Pantaja-Alor (1959, p. 16) a la Formación Morelos.

El ambiente de depósito corresponde a un mar transgresivo de aguas someras cálidas, durante un periodo de vulcanismo predominantemente explosivo con alternancia de períodos de tranquilidad

que permitieron el desarrollo de arrecifes de extensión limitada.

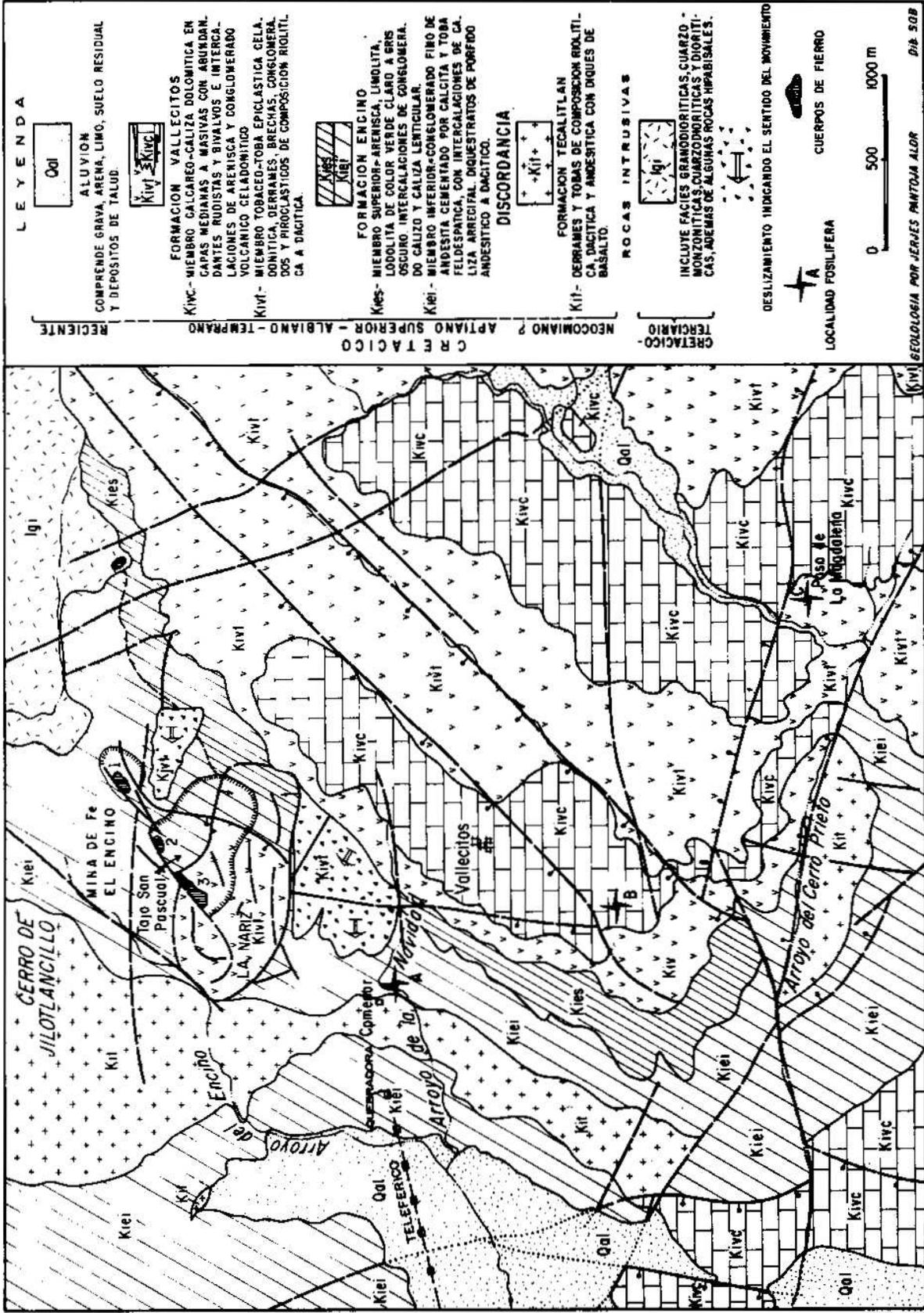
Miembro inferior.- Consiste en una gruesa secuencia de rocas volcánoclasticas y sedimentarias marinas formada por conglomerados de fragmentos volcánicos en matriz tobácea limo-arenosa, arenisca y limolita calcárea, toba epiclástica y capas de caliza arrecifal, cuya sección tipo fue medida en la cañada de La Navidad, en donde esta unidad tiene más de 230 m de espesor.

En la sección tipo se considera como base de este miembro un conglomerado de 2 m de espesor de matatenas de fragmentos de rocas volcánicas, predominantemente andesíticas y dacíticas, cementada por toba celandonítica completamente alterada a arcilla. Del conglomerado se pasa a una limolita de color verde amarillento, ligeramente filitizada que conforma un banco de unos 10 m, al que la sobreyace una lente de caliza con rudistas y pelecípodos, de unos 3 m de espesor, la que a su vez está cubierta por una toba amarilla ligeramente calcárea con lentes conglomeráticos que contiene *Nerinea* sp., *Cassiope* sp., fragmentos de crinoides y rudistas (localidad fosilífera A); a su vez está cubierta por una toba ligeramente calcárea, con intercalaciones de conglomerados finos, todo de color amarillo, en la cual aparecen también restos de crinoides y rudistas, estando todo el material muy intemperizado y alcanzando un espesor de unos 5 m.

Intrusionando a la toba se observa un dique de textura porfídica y composición andesítica, de carácter hipabisal. Descansando concordantemente sobre esta roca aflora un banco de caliza bien estratificada, en capas de 1 m a 1.5 m, con *Coalcomana* y *Chondrodonta*, el cual es cubierto por un derrame andesítico sobre el que descansa una toba lítica, epiclástica, con abundantes fragmentos de roca volcánica morada y verde y estratificación delgada (5 cm a 20 cm), alcanzando todo un espesor de 50 m. Concordantemente sigue un banco de unos 13 m de arenisca feldespática, de color verdoso, que al intemperizarse presenta una exfoliación en forma de cebolla.

Un análisis de la arenisca tobácea nos indica una textura hialopilitica, proveniente de material piroclástico, constituida por vidrio volcánico (palagonita) que forma estructuras esféricas, con zonas microlíticas en las que se aprecian andesita y labradorita, sílice microcristalina, calcita y escamas de clorita con escasos cristales de pirita. Petrográficamente fue clasificada como una toba vitreolítica (andesítica).

De las areniscas se pasa concordantemente a un banco de caliza de 20 m de espesor, en general de color gris claro y de grano fino (*mudstone*), que



forma estratos entre 15 cm y 90 cm de espesor. Le sobreyace una toba vitrolítica, epiclástica, de 50 m de espesor que cambia transicionalmente a un conglomerado de fragmentos volcánicos con matriz tobácea calcárea, de textura arenosa, estratificada en capas medianas a masivas, las cuales pasan transicionalmente a limolita y arenisca en estratos delgados, del miembro superior.

Otra localidad donde está bien expuesta la base del miembro inferior la constituye un corte del camino engravado que conduce a la mina cruzando el Arroyo del Encino, sobre su margen izquierda, precisamente abajo de las instalaciones del teleférico. Se inicia la secuencia con un conglomerado con fragmentos volcánicos del tamaño de matatenas a gránulos, de color morado, con un espesor entre 3 m y 5 m. Le sobreyace una lente de caliza café clara, a la que se le intercala una brecha calcárea limolítica de color rojo. Le sobreyace una caliza de textura sacaroidea, ligeramente dolomitizada con escasa macrofauna en la cual se intercalan zonas de calcilita de grano fino (mudstone) con microfauna no determinante. La secuencia se encuentra interrumpida por erosión y falla.

Al banco de caliza rosada dolomitizada que aflora al pie de La Nariz, así como otros cuerpos de caliza dolomitizada expuestos entre esta última localidad y las oficinas de la mina, se les asigna una posición media dentro del miembro inferior de la Formación Encino.

Para la determinación de su edad a base de estudios micropaleontológicos se colectaron varias muestras de caliza de las diferentes lentes que ocurren dentro de esta unidad. Al microscopio la textura varía de micrítica a microespatítica, con abundantes pellas y bioclastos, la mayor parte de estos últimos bastante recristalizados, fragmentos de moluscos, briozoarios y equinodermos, que no es fauna característica. Lo anterior indica un ambiente de plataforma calcárea, en parte arrecifal de aguas someras.

Miembro Superior.- Consiste en gruesa secuencia tobácea de lodolita, limolita y arenisca calcárea, con intercalaciones de lentes de caliza y conglomerado calizo, de aproximadamente 185 m de espesor, que descansa concordantemente y en forma transicional sobre los volcanoclásticos finos del miembro inferior. Este conjunto presenta una estratificación mediana a delgada, con un color gris claro y tonalidades verdosas. La depositación de estos volcanoclásticos finos indica un medio marino dinámico, de poca profundidad, como lo demuestran los moluscos observados en las areniscas y limolitas y en especial en las lentes de caliza, las cuales contienen abundantes rudistas y ostreas.

En su localidad tipo de la cañada formada por

el Arroyo de La Navidad, capas inferiores de esta unidad consisten de limolita y arenisca tobácea calcárea, de color gris oscuro a verdoso cuando frescas, en estratos delgados (entre 5 cm y 30 cm de espesor), los cuales forman bancos de varios metros con un color de intemperismo café claro. Intercaladas en esta parte afloran lentes delgadas de caliza conglomerática gris clara, con estructuras globulares de lodo calcáreo de aspecto rugoso que en general alcanzan 10 cm a 20 cm de espesor.

Se continúa con arenisca y limolita tobácea de estratificación delgada, laminada en subcapas de 5 mm a 1 cm de grosor que cambian a limolitas y lodolitas calcáreas con diseminación de pirita y abundantes vetillas de calcita. Esta limolita microscópicamente está formada principalmente por minerales arcillosos y sílice microcristalina, con escasas escamas de sericita, fragmentos de cuarzo, vidrio y radiolarios silicificados. Por reflexión, se apreció limolita y hematita y escasos cristales de magnetita. Intercaladas entre las limolitas aparecen capas medianas de caliza lenticular de color gris claro, de grano fino (calcilita), que se adelgazan al ascender en la sección.

De los estratos anteriores se pasa a un conglomerado intraformacional de 7 m de espesor constituido por fragmentos de caliza y roca volcánica en matriz tobácea calcárea de textura arenosa. Los fragmentos varían de milímetros a 2 cm dentro de los que flotan algunos cantos de caliza hasta de 30 cm de diámetro. Del conglomerado se pasa transicionalmente a un banco de caliza (mudstone) de 10 m con capas de 10 cm a 45 cm, dentro de las que se observan escasos rudistas. A las calizas le sobreyace otra secuencia de limolitas y areniscas basta llegar al contacto de la unidad superior.

FORMACION VALLECITOS

Se propone el nombre de Formación Vallecitos a una secuencia de más de 350 m, de derrames, toba ignimbrítica, caliza arrecifal y rocas volcanoclásticas de ambiente marino, que afloran arriba y al oriente de las instalaciones de la Mina de El Encino y en los alrededores de la ranchería de Vallecitos, a la cual se propone como localidad tipo.

La primera descripción de estas rocas fue realizada por Piñeiro (1972) al medir la sección del Arroyo de La Navidad. Pantoja-Alor (1974) en su trabajo sobre la geología y estructura del Tajo San Pascual propone el nombre de Formación Vallecitos dividiéndola en dos unidades: Tobas Verdes Divisadero y Caliza Vallecitos. Posteriormente Pantoja-Alor (Pantoja *et al.*, 1978, p. 28) a las dos unidades anteriores les asigna los nombres de

Miembro Tobáceo y Miembro Superior.

En el presente trabajo esta formación se ha dividido en dos unidades litoestratigráficas: miembro tobáceo y miembro calcáreo, asignándoles a ambos como sección tipo la barranca del Arroyo de La Navidad. Inmediatamente al oriente, pero fuera del área cartografiada el miembro calcáreo está cubierto por una gruesa sección de rocas volcánicas de aspecto continental y rocas volcánicas marinas, cuyo espesor excede los 1,500 m. Esta última secuencia no es objeto de descripción en el presente trabajo.

La edad de la Formación Vallecitos en base a las evidencias paleontológicas corresponde al Albiano temprano; la presencia de *Coalcomana ramosa* (Boehm), de *Chondrodonta* sp. y de otros géneros (Alencaster, en este boletín) confirman lo anterior. Sin embargo es conveniente puntualizar que la gruesa secuencia de rocas volcánicas y volcánicas que le sobreyacen posiblemente alcance hasta el Cenomaniano.

Miembro Tobáceo.— Esta unidad corresponde a una secuencia de 170 m de rocas volcánicas y volcánicas que cubre con marcada discordancia angular a las areniscas y limolitas del miembro superior de la Formación Encino. Consiste principalmente en tobas verdes epiclásticas, de estratificación masiva, tobas cineríticas blancas, derrames tobáceos de composición riolítica, derrames dacíticos y traquiandesíticos, y conglomerados de rocas volcánicas. Es cubierto concordantemente por caliza arrecifal del miembro calcáreo.

El color verde de la toba se debe al mineral celadonita, producto de descomposición de la monmorillonita en un medio acuoso, lo cual indica una depositación subaérea para gran parte de la secuencia. Dada la inestabilidad de la cuenca no se descartan periodos de levantamiento con depositación continental y volcánica.

La marcada superficie de erosión sobre la Formación Encino indica el final de un periodo de sedimentación marina con un consiguiente levantamiento del área para continuar con un periodo de vulcanismo penecontemporáneo a una nueva regresión marina.

En la sección tipo del Arroyo de La Navidad, la secuencia comienza con un horizonte de conglomerado tobáceo celadonítico que pasa inmediatamente a un derrame porfídico de composición dacítica cuyo espesor varía entre 20 m y 25 m. La roca es de color café claro, en partes verdosa, con fenocristales de color blanco. Al microscopio presenta textura porfídica constituida principalmente por fenocristales de oligoclasa y andesina en una mesostasis constituida por microlitos de los mismos minerales, con cristales de cuarzo, escamas de seri-

cita y clorita.

Los derrames piroclásticos de dacita y traquiandesita se encuentran intercalados en varias partes de la sección, abundando más en la parte inferior. Algunos de ellos muestran estructura almohadillada ("pillow lavas") indicativas de una depositación submarina.

Sobre la brecha que conduce a Ferrería y antes de llegar al llano de Vallecitos sobre la caliza y limolita del miembro superior de la Formación Encino descansa una toba riolítica de color café claro, masiva, con incipiente estratificación, en la que se obtuvieron fragmentos de rudistas silicificados. Se considera a esta roca como la base del miembro tobáceo de la Formación Vallecitos. Su estudio indica una textura piroclástica constituida principalmente por fragmentos riolíticos, fenocristales de sanidino y microclina en una mesostasis de sílice microcristalina con vidrio volcánico, zonas sericitizadas y cloritizadas y fracturas rellenas de calcita. Sobre la toba descansa una corta sección de brecha y conglomerado cementado por celadonita y sobre ella las calizas del miembro calcáreo, lo que indica erosión o no depósito de gran parte del miembro tobáceo.

Dentro del miembro tobáceo también se incluye una serie de rocas ígneas que delimitan la parte meridional del Tajo San Pascual formando el cordón o apófisis de La Nariz (figura 4). A la Nariz se le considera como un cuello estructura o conducto volcánico submarino, por donde ocurrió la extravasación de la mayor parte de los derrames y piroclásticos que constituyen esta unidad. Algunas de las rocas del conducto tienen un carácter intrusivo hipabisal como lo demuestran los abundantes "colgados" o xenolitos de las capas intrusadas, así como sus diferentes facies que indican una composición episódica variable desde pórfido riolítico, pórfido dacítico y andesita, todo expuesto en áreas separadas o intermezcladas dentro de una estructura circular. Los estudios petrográficos indican que el pórfido dacítico está constituido principalmente por fenocristales de oligoclasa y andesina en una mesostasis constituida por microlitos de los mismos minerales, con cristales de cuarzo, escamas de sericita y clorita; contiene pirita y hematita.

De uno de los xenolitos o "colgados" antes descrito se obtuvo una muestra que fue clasificada como pórfido andesítico. La roca es compacta, de color gris verdoso con fenocristales de plagioclasa. Su textura es porfídica constituida principalmente por fenocristales de oligoclasa y andesina en una mesostasis de igual composición mineralógica, con escamas de clorita, sericita y esporádicos cristales de calcita y pirita. El examen de otra roca que aflora inmediatamente arriba del bloque de caliza

dolomítica que forma el pié de la Nariz indicó una composición andesítica, alterada por procesos deutéricos.

Cubriendo a lo que queda del cuerpo de fierro de la base de la Nariz aflora una roca porfídica de textura holocristalina formada por fenocristales anedrales de feldespatos y cuarzo incluidos en una matriz microcristalina constituida esencialmente por sanidina. Las plagioclasas corresponden a andesina y oligoclasa alteradas incipientemente a minerales arcillosos y sericita. Se observaron escasas ferromagnesianos alterados a clorita, hematita y limonita, además de magnetita. Su clasificación corresponde a un pórfido riolítico, de origen hipabisal con oxidación supergénica.

En el mapa geológico (figura 4) aparecen dos zonas de material deslizado que flanquean una al Tajo San Pascual en su parte superior septentrional y otra a La Nariz en su flanco meridional. Ambos afloramientos consisten de una brecha conglomerática con matriz celadonítica, todo de color verde, en la que flotan fragmentos del tamaño de cantos, guijas, guijarros y matatenas de composición riolítica, dacítica y andesítica, pertenecientes al miembro tobáceo de la Formación Vallecitos. La estructura caótica observada en los afloramientos, la presencia de suelo en el piso de la toba y la mezcla heterogénea de los fragmentos indican un desplazamiento de su posición original, considerando que la aloctonía ocurrió en el Reciente.

Miembro Calcáreo.- Consiste en dos o más lentes o paquetes de caliza y dolomita arrecifal, separadas por intercalaciones de bancos gruesos de tobas epiclásticas verdes, derrames piroclásticos y volcániclos que afloran en los alrededores de la Ranchería Vallecitos en donde descansan concordantemente sobre las volcánicas y volcániclos del miembro tobáceo. Se propone como localidad tipo, aunque incompleta, la parte superior del Arroyo de La Navidad, en donde adquiere un espesor de más de 150 metros.

La caliza es de grano grueso (calcarenita) a fino (calclutita), de color gris claro, con abundantes moluscos, principalmente *Coalcomana ramosa* (Boehm), *Chondrodonta* sp y *Toucasia* sp. En algunas áreas la caliza se encuentra completamente dolomitizada mostrando un aspecto sacaroide y su color se torna café amarillento, formando capas gruesas a masivas.

Los bancos de caliza forman los cantiles más prominentes de la región, en donde se observa que el paquete inferior varía entre 40 m y 60 m de espesor. Su extensión lateral no es muy grande debido al no depósito más que a erosión, apareciendo por lo general como franjas de 2 km a 2.5 km de extensión. Sus mejores afloramientos se observan

en el cantil antes de llegar al poblado de Vallecitos, subiendo por un lado de la mina. Algunos rodados de esta unidad se encuentran en la falda de la Sierra, principalmente arriba del Tajo San Pascual.

Sobre la brecha de la mina a la parte alta de la Sierra, precisamente antes de llegar a la desviación que conduce a la Ranchería de Vallecitos, aflora una secuencia de tobas verdes con intercalaciones de bancos arrecifales (localidad fosilífera B, figura 4) constituidos casi exclusivamente por *Coalcomana* y un nuevo género de rudista (Alencáster, en este boletín). Sin embargo, la mejor fauna fue colectada en la parte alta del Paso de la Magdalena (localidad fosilífera C, figura 4), en donde un banco arrecifal se desarrolló sobre una toba riolítica, siendo sepultado violentamente por material piroclástico fino lo que permitió la silicificación y preservación "in situ" de los especímenes. Este afloramiento aunque fuera de la sección tipo del Arroyo de La Navidad, podría ubicarse en la parte más alta de la columna estratigráfica de la lámina 2. La presencia de *Coalcomana ramosa* (Boehm), le confiere una edad del Albiano temprano, constituyendo (a excepción del aluvión) las rocas más jóvenes cartografiadas dentro del área planificada de la figura 4. En las localidades donde los bancos de caliza dolomítica no existen, el miembro tobáceo pasa transicionalmente a una secuencia volcánica con un carácter más continental hacia la parte superior y una edad que alcanza posiblemente el Cenomaniano.

CUATERNARIO

Con excepción de las rocas intrusivas de la parte septentrional del mapa geológico (figura 4), dentro del área en estudio no afloran rocas del Sistema Terciario, ya sea por no depositarse o por erosión. Es por ello que sobre las unidades cretácicas descansa una delgada cubierta de suelo y material aluvial. Fuera del área, al poniente de Pihuamo se observan los efectos del intenso vulcanismo del Plio-Pleistoceno y Reciente, al cual pertenece el Volcán de Colima, aún en actividad.

Dentro del área el aluvión consiste de material de acarreo depositado por las corrientes, comprendiendo también a los terreros formados por el material clástico producto del descapote del Tajo San Pascual, al material deslizado de la parte superior del cantil y al suelo residual. El aluvión natural, producto de arrastre de los arroyos, se observa en la parte baja del Tajo San Pascual y del Cuerpo 1. Consiste de arcilla, arena y grava producto de la erosión de la Formación Encino. Dentro de este

material flotan grandes bloques de caliza arrecifal y lajas de arenisca y limolita no alteradas, siendo los más notables los grandes cantos y bloques de mineral de hierro. En el valle se forma un grueso cuerpo de suelo de color café de aspecto laterítico.

En los cauces de los arroyos de El Encino y La Navidad se encuentran numerosos y enormes bloques de caliza y de rocas volcánicas de las unidades suhyacentes; lo anterior indica un régimen torrencial de los arroyos y un proceso activo de levantamiento de la región.

ROCAS INTRUSIVAS

En el área estudiada están expuestos varios afloramientos de rocas ígneas intrusivas, que forman pequeños troncos, diques y diquestratos de composición variable de ácida a intermedia que cortan a la secuencia del Albiano temprano. La composición de estas intrusiones permite clasificarlas como cuarzomonzonitas, cuarzodioritas, granodioritas, pórfidos riolíticos, dacíticos y andesíticos.

El único cuerpo intrusivo que por sus dimensiones pudo ser cartografiado aflora en la parte septentrional del área, inmediatamente al norte del Cuerpo No. 1. Los cuerpos restantes dada la imposibilidad de cartografiarlos debido a su pequeño tamaño se incluyeron dentro de la unidad que cortan o extravasan. El cuerpo granitoide que aflora inmediatamente abajo y al noroeste del Cuerpo No. 1 forma un tronco (stock) de unos 2 km de diámetro al cual se le considera como una apófisis del Batolito de Pihuamo expuesto más al norte. De uno de los grandes saltos que forma un arroyo que baja del cuerpo de mineral de hierro antes enumerado, se colectó una muestra para su estudio petrográfico. Megascópicamente la roca exhibe un color rosado, textura gruesa equigranular con abundantes fenocristales de feldespatos, escaso cuarzo y pocos ferromagnesianos; su estudio al microscopio permite clasificarlo como cuarzomonzonita. Probablemente de este mismo granitoide, Carrión (en Pantoja-Alor, 1983, p. 5) colectó la cuarzomonzonita que le da una edad geocronométrica de 66 m. a. para el emplazamiento de este cuerpo.

En la parte basal del conducto volcánico de La Nariz, subyaciendo al paquete de caliza marmorizada que marca la entrada a la parte inferior del Tajo San Pascual aflora una roca intrusiva porfídica de color verde claro con motas blancas. Al microscopio su textura es holocristalina porfídica cataclástica; consiste de cristales subedrales y anedrales de andesina y oligoclasa en maclas deforma-

das que presentan incipientes alteración sericitica. Estos cristales flotan en una matriz formada por el intercrecimiento de cristales anedrales de cuarzo y plagioclasa de igual composición. Se observan escasos ferromagnesianos diseminados y alterados a hematita, limonita y calcita. A esta roca se le clasificó como pórfido dacítico. Un poco más alto de donde se colectó el pórfido dacítico se tomó otra muestra clasificada como pórfido granodiorítico alterado.

En la misma estructura de La Nariz aflora una roca de aparente aspecto fluidal, de color pardo claro con manchas amarillentas que posiblemente constituya el tapón (plug) de uno de los conductos de extravasación que dieron origen a las lavas y piroclásticas de la Formación Vallecitos. Presenta una textura holocristalina porfídica y está formada por fenocristales anedrales de feldespatos y cuarzo, incluidos en una matriz microcristalina constituida esencialmente por sanidina. Las plagioclasas, de composición media (andesina-oligoclasa) se encuentran alteradas incipientemente a sericita y minerales arcillosos, ocurriendo lo mismo con el sanidino. Los escasos ferromagnesianos se encuentran alterados a clorita y óxidos de hierro. La magnetita en cristales anedrales y subedrales ocurre escasamente diseminada en la matriz, además, se observó zircón en aislados microcristales subedrales. El cuarzo secundario forma agregados cristalinos de extinción ondulante rellenando fracturas y vetillas. A esta roca se le clasificó como un pórfido riolítico, hipabisal, con oxidación supergénica.

Al conjunto de rocas hipabisales de La Nariz lo cruzan varios diques de diferente composición. En uno de estos conductos se nota claramente la composición tobácea de la roca que da origen a las tobas verdes de la parte inferior de la Formación Vallecitos.

Muy cerca de la base de la Formación Encino aflora una roca intrusiva que fue incluida dentro de esta misma unidad en la sección medida (figura 2) del Arroyo de La Navidad, aunque su verdadera relación aún no ha sido establecida. Los estudios petrográficos indican que se trata de un pórfido andesítico de color gris verdoso, de textura porfídica, en partes pilotaxítica, constituida principalmente por fenocristales de oligoclasa y andesina en una mesostasis formada por microlitos de los mismos minerales, con escamas de clorita, cristales de esfena y calcita; en partes se observa calcedonia fibrosa.

A mediados de 1982 el primer autor de este trabajo junto con el Doctor Paul Damon de la Universidad de Arizona, colectaron una muestra de la parte periférica del tronco intrusivo que aflora al norte del área. La roca se tomó unos 100 m abajo

del contacto con las volcanoclásticas de la Formación Encino, en un arroyo que corre paralelo a la antigua brecha que va de la mina a Pihuamo. Su aspecto corresponde a una roca básica piroxenítica muy compacta, en la que sobresalen fenocristales de plagioclasa y piroxenos alterados. Su estudio al microscopio la clasificó como una diorita serpentinizada y se le estima una edad de la parte alta del Cretácico Temprano.

Las dos edades obtenidas por el método de K/Ar del intrusivo de El Encino (una de principios del Paleoceno y la otra de la parte alta del Cretácico Temprano), indican al menos dos periodos de actividad magmática de carácter calcialcalino para el Batolito de Pihuamo; es posible que una cartografía detallada permitiría delimitar a las rocas granodioríticas-dioríticas del primer evento, de las del magma cuarzomonzonítico del último periodo.

TECTONICA

La morfología y estructura de la costa occidental de México debe de entenderse dentro de los procesos tectónicos producidos por la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa de Norteamérica, las cuales se desplazan al frente de Colima con movimientos relativos de 5 cm y 6 cm por año (Moore, G. W., 1982). Los efectos de esta tectónica se reflejan ampliamente en la región estudiada, la cual se localiza aproximadamente a 180 km de la actual trinchera o fosa del Pacífico. La presencia de fallas activas y fracturas paralelas al eje de la fosa o perpendiculares al movimiento de la placa indican lo anterior.

El plegamiento de las rocas volcanoclásticas y calizas de la columna del Cretácico Inferior se debe principalmente al tectonismo de la Revolución Laramiana, la cual imprimió a las estructuras sinclinales y anticlinales una orientación predominante NNW-SSE con obliteraciones debidas al emplazamiento de los cuerpos intrusivos,

El mayor plegamiento de las volcanoclásticas de la Formación Encino en relación con los clásticos que le sobreyacen, sugiere la presencia de un periodo orogénico durante el Albiano temprano, el cual se encuentra en parte enmascarado por las estructuras laramílicas posteriores.

Los principales rasgos estructurales que se observan en el mapa geológico de la figura 4 consisten de dos sistemas de fallas normales y fracturas conjugadas con rumbo NF-SW y NW-SE. El más conspicuo se expresa por dos fallas normales con rumbo N 45°E cuyas trazas se inician en el extremo nororiental del área para concluir en el cantil de la Sierra, al sur de Vallecitos. Estas fallas

desplazan escalonadamente a las calizas y volcanoclásticas de la Formación Vallecitos. La conjugación del sistema lo indican dos fracturas o fallas con rumbo N 20°W que aparecen en el cuadrante superior nororiental (figura 4) del mapa. Varias fallas con esta misma tendencia se encuentran aflorando en el cuadrante inferior suroccidental del área.

El segundo conjunto de igual importancia lo forman las fallas con rumbo E-W y N-S. Del primer sistema (E-W) se observaron dos fallas extensas con ligera sinuosidad que terminan en el cantil de la Sierra, al sur de la localidad fosilífera B. Se puede incluir dentro de este conjunto la falla que sigue al cauce del arroyo de Cerro Prieto y también más al norte la fractura que forma la barranca del Arroyo de La Navidad. Aún más al norte aflora la traza de otra fractura con rumbo casi E-W que pasa al sur del Cuerpo No. 2 y al norte del Tajo de San Pascual. Dentro de este grupo se pueden incluir las que delimitan a la apófisis de La Nariz. Las fracturas y fallas con rumbo N-S están expuestas en la parte central y centro meridional del área cartografiada. La más importante forma el cantil de la Sierra unos 500 m al oriente de Vallecitos, iniciándose en el camino de esta última ranchería y terminando contra La Nariz. Una falla sinuosa con la misma tendencia cruza el Tajo San Pascual y desplaza al Cuerpo No. 1. Evidencias de otras fallas con el mismo rumbo se observan en la esquina suroccidental del plano.

El levantamiento de La Nariz se encuentra delimitado por una serie de fallas y fracturas de traza semicircular o arqueada que forma un óvalo con eje mayor orientado E-W. El movimiento es de tipo gravitacional y activo en la actualidad.

Debido a la naturaleza estratigráfica de este trabajo, de las fallas, fracturas y diaclasas no se obtuvieron medidas sistemáticas que permitieran realizar estudios estadísticos más detallados. Sin embargo, con fines informativos se presentan los siguientes datos técnicos: en la parte norte y arriba del Cuerpo No. 1 la Formación Encino tiene un rumbo E-W y echados de 30°S. Arriba del Tajo San Pascual esta misma formación desarrolla un crucero vertical con rumbo N 15°W con un sistema complementario N 45°W, 30°NE. En las rocas del miembro inferior de esta misma unidad, que afloran en la cañada al sur de La Nariz, las diaclasas tienen un rumbo N 10°W, 70°N con un espaciamiento cerrado entre 0.5 m y 1 m. Lo complementa un sistema F-W, 70°S. El rumbo predominante de las diaclasas en el pórfido dacítico de La Nariz es N 25°-30°E, 55°SE, conjugados con fisuras menores que verdaderamente fragmentan la roca.

Sobre el camino de Vallecitos arriba del co-

medor de la mina, cortan a las rocas del miembro inferior de la Formación Encino un conjunto de diaclasas con rumbo N 25°, 70°SE; más arriba, en el Arroyo de La Navidad e inmediatamente abajo del rancho El Divisadero, las diaclasas tienen una tendencia N 45°-50° E, 70° NW a verticales. El rumbo de los estratos de la Formación Vallecitos es N 35° W, 10°SW.

MINERALIZACIÓN DE HIERRO

Originalmente el área mineralizada de El Encino estaba formada por tres cuerpos aflorantes y uno sepultado, tal como aparecen en el mapa geológico de la figura 4, los cuales fueron denominados Cuerpo No. 1, Cuerpo No. 2, Cuerpo No. 3 y Cuerpo San Pascual. Actualmente el Cuerpo No. 1 se encuentra en los inicios de su desarrollo, los Cuerpos No. 2 y No. 3 completamente agotados y el cuerpo sepultado de San Pascual en la última etapa de su explotación.

El mineral de hierro de estos yacimientos consiste principalmente de magnetita (entre un 65% y un 90%) y en menor proporción hematita, con una ley media de 60% de hierro total, 0.32% de fósforo y 1.5% de azufre. En muy pequeña proporción contiene pirita, calcita, apatita y minerales de alteración. En los hornfels de la facies de hornblenda de la parte basal de los cuerpos se identificaron los siguientes minerales: clorita, sericita, calcita, tremolita-actinolita, epidota, escapolita y minerales arcillosos y trazas de galena, calcopirita y óxidos de hierro. La dureza del mineral en explotación varía de maciza a pulverulenta y deleznable.

La zona mineralizada donde ocurren los cuerpos corresponde a un levantamiento dómico flanqueado en su parte meridional por la apófisis de La Nariz. Por su cercanía a este conducto volcánico podría suponerse para los cuerpos un origen volcánico contemporáneo al vulcanismo de la Formación Vallecitos. La presencia de una intensa alteración hidrotermal en la periferia de los cuerpos, permite considerar procesos de reemplazamiento con temperaturas intermedias (mesotermales) y en el rango más alto de las bajas. En este último caso la mineralización se encontraría asociada al intrusivo cuarzomonzónico de edad paleocénica temprana o del Cretácico Tardío. Una tercera hipótesis sostenida por el primer autor, considera este último origen epigenético suponiendo la removilización por aguas cognatas, magmáticas o meteóricas del Fe contenido en forma diseminada o lenticular en las formaciones subyacentes o enca-

jonantes, por procesos termodinámicos originados por el emplazamiento del intrusivo de El Encino. Los mecanismos de emplazamiento pueden haber sido varios, estando fuera del tema de este trabajo.

HISTORIA GEOLOGICA

A finales del Jurásico Tardío y durante todo el Cretácico Temprano se desarrolla en la región un arco magmático insular, caracterizado por un vulcanismo de tipo calcialcalino, predominantemente de composición intermedia (Pantoja-Alor, 1983, p. 9). Extravasaciones de este arco ocurren dentro de toda la columna estratigráfica de la Mina de El Encino.

Durante parte del Neocomiano hasta finales del Aptiano tardío las regiones de Pihuamo y Tecalitlán formaban un alto intrageosinclinal (welt) afectado por un vulcanismo calcialcalino que a su vez también aportaba terrígenos y material piroclástico a las cuencas someras de rápido hundimiento ya desarrolladas al sur del área estudiada.

En los comienzos del Albiano temprano se inicia una subsidencia regional con avance de mares someros desde el sur y surponiente, persistiendo el vulcanismo, lo que ocasionó el depósito de las rocas volcanoclásticas de la Formación Encino. Movimientos epeirogénicos de poca magnitud y de carácter local producen erosión en la cima de esta última unidad, y con la consiguiente subsidencia se inicia el depósito de las volcanoclásticas del miembro tobáceo de la Formación Vallecitos.

Periodos alternados de calma y tranquilidad tectónica permiten el desarrollo de calizas arrecifales, que al reanudarse el vulcanismo quedan sepultadas por tobas celadoníticas de este mismo miembro calcáreo de la Formación Vallecitos. La continuidad del vulcanismo produce una gruesa secuencia de rocas volcánicas, con predominio de deposición marina hacia la base y continental hacia la cima, cuya edad alcanza al Cenomaniano en otras partes, estando erosionadas dentro del área cartografiada.

A finales del Cretácico Temprano se inicia un periodo intrusivo representado por el emplazamiento del Batolito de Pihuamo, una de cuyas apófisis forma el tronco granodiorítico-diorítico de El Encino y las rocas hipabisales que conforman La Nariz. El vulcanismo comagmático de este evento da origen a las tobas y derrames submarinos de la Formación Vallecitos, como ya antes se dijo. Un segundo periodo de plutonismo ocurre al final del Cretácico e inicios del Terciario.

La marcada discordancia angular entre la Formación Encino y la Formación Vallecitos, aunado el hecho de una mayor deformación de las rocas de esta primera unidad, establece la postulación de un periodo orogénico en el Albiano temprano, reconocido únicamente en los alrededores de la Mina de El Encino.

El plegamiento posterior de las rocas volcánicas y volcanoclásticas del Cretácico Superior se debe al tectonismo de la Revolución Laramiana, la cual imprimió a las estructuras sinclinales y anticlinales una orientación predominantemente NNW SSE, con obliteraciones locales debidas a los cuerpos intrusivos.

Evidencias de un vulcanismo del Terciario Inferior y Medio no se observan dentro del área estudiada. Sin embargo, los materiales del vulcanismo Plio-Pleistocénico y Reciente, cubren una gran extensión al poniente de Pihuamo, provenientes del Volcán de Colima, fuera de! área estudiada.

BIBLIOGRAFIA

- BUITRON, B.E., PANTOJA-ALOR, J., ALENCASER, GLORIA, 1978. Secuencia Estratigráfica del Cretácico Inferior del Cerro de Tuxpan, Jalisco. Soc. Geol. Mex. IV Convención Geol. Nal. Bol. XXXIX (1), resúmenes p. 12.
- CSERNA, ZOLTAN, DE, 1978. Notas sobre la geología de la región comprendida entre Iguala, Ciudad Altamirano y Temascaltepec, Estados de Guerrero y México. Soc. Geol. Mexicana, Libro-guía Excursión a Tierra Caliente, p. 1-25.
- CUTHILL JOHN, ZARATE, CARLOS, 1979. Yacimientos de Oxidos Masivos de Fe en México, Asoc. Ings. Minas Metal. Geol. México Mem.VIII Convención Nal.
- ESTRADA--BARRAZA, SAMUEL, 1972. Informe Preliminar de los Trabajos de Geología del Objetivo 2.1 en la Mina de El Encino, Pihuamo, Jal. Archivo técnico. Las Encinas, S.A. Informe Inédito.
- LABARTHE, GUILLERMO, RODRIGUEZ, A.B.. 1959. Estudio Geológico Regional de la Zona Ferrífera de Pihuamo, Jal. Archivo técnico. Las Encinas, S.A. Informe Inédito.
- MEAVE, T.W., ECHEGOYEN, S.T., 1961 Estudio Geológico Económico sobre algunos Yacimientos de Mineral de Hierro de los Municipios de Pihuamo, y Tecalitlán, Jal. Cons. Recursos Nat. No Renovables. Bol. 53, p. 88.
- MOORE, W.G., 1982. Plate-Tectonic Map of the Circum-Pacific Region. Amer. Assoc. Petroleum Geologists Map of the Northeast Quadrant.
- PANTOJA-ALOR, JERJES, 1959. Estudio Geológico de Reconocimiento de la Región de Huetamo, Estado de Michoacán. Cons. Recursos Nat. No Renovables. Bol. 50, p. 44.
- PANTOJA-ALOR, JERJES, 1969. Localización de Calizas para la Fabricación de Cal Industrial en Atenquique, Jal. Archivo técnico de la Cía. Industrial de Atenquique, S.A, Informe Inédito.
- PANTOJA-ALOR, JERJES, 1974. Estudio Geológico-Estructural del Tajo San Pascual, Pihuamo, Jal. Archivo técnico. Las Encinas, S.A. Informe Inédito.
- PANTOJA-ALOR, JERJES, ESTRADA BARRAZA, S., ALENCASER, GLORIA, 1978. Estratigrafía del Cretácico Inferior de la Mina El Encino, Municipio de Pihuamo, Jal. Soc. Geol. Mex., Bol. XXXIX, No. 1, IV Convención Nal., resúmenes p. 29.
- PANTOJA-ALOR, JERJES, 1983. Geocronometría del Magmatismo Cretácico-Terciario de la Sierra Madre del Sur. Soc. Geol. Mex. Bol. XLIV, No. 1, P 1-20.
- PIÑEIRO, FERNANDO, 1972. Descripción de las Unidades Litostratigráficas de la Formación Tobas Encino, Pihuamo, Jal. Archivo técnico. Las Encinas, S.A. Informe Inédito.
- ZARATE, CARLOS. 1982. Operaciones Minero-Metalúrgica, de Peña Colorada, El Encino y Minera Capela. Asoc. Ings. Minas, Metal. Geol. Mex. Libro-Guía. XV Convención Nal (no publicado).