

PALEOMAGNETISMO DE ROCAS JURASICAS DEL NORTE DE OAXACA Y SUS IMPLICACIONES TECTONICAS

D. J. MORAN ZENTENO*
J. URRUTIA-FUCUGAUCHI*
H. BÖHNEL*
E. GONZALEZ-TORRES*
(Recibido: 4 de enero, 1988)
(Aceptado: 6 de junio, 1988)

RESUMEN

Se reportan resultados paleomagnéticos para las formaciones jurásicas Yucufñuti y Caliza con Cidarís. Las regiones estudiadas de Tezoatlán y Tlaxiaco, Estado de Oaxaca, se encuentran en la entidad geológica denominada Terreno Mixteca, para la cual se han sugerido relaciones tectónicas y estratigráficas que hacen suponer la ocurrencia de movimientos durante su historia tectónica y paleogeográfica. Durante el Jurásico se desarrolló en la región un proceso de hundimiento asociado a un régimen tectónico tensional. Este proceso lo manifiesta una gruesa secuencia fluvial y palustre que varía a marina. La polaridad de la sedimentación para el Jurásico y la afinidad paleobiogeográfica de sus amonitas indican una conexión con el Pacífico. El registro paleomagnético para estas formaciones presenta direcciones medias, interpretadas como Jurásicas de acuerdo con las pruebas de laboratorio y de campo, que difieren de las direcciones esperadas con respecto al cratón de Norteamérica. La dirección media para la Formación Yucufñuti es de $N = 32$, $Dec = 328.6^\circ$, $Inc = 34.8^\circ$, $k = 66$ y $\alpha_{95} = 15^\circ$. La dirección media para la Formación Caliza con Cidarís es de $N = 92$, $Dec = 12.8^\circ$, $Inc = 38.1^\circ$, $k = 83$ y $\alpha_{95} = 7^\circ$. Las diferencias en la inclinación reflejan traslaciones del Terreno Mixteca (y Oaxaca) a partir de una posición más septentrional en el Pacífico, mientras que las diferencias en declinación indican rotaciones entre 18° y 30° en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Estos movimientos deben haber ocurrido entre el Oxfordiano y el Albiano.

* Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM, Del. Coyoacán, 04510, D. F., MEXICO.

ABSTRACT

We report paleomagnetic results for the Jurassic Formations of Yucuñuti and Caliza con Cidarís. The Formations have been studied in the areas of Tezoatlán and Tlaxiaco, Oaxaca State, respectively. The region lays within the Mixteca Terrane which presents tectonic and stratigraphic relations indicative of tectonic movements at various times during its history. During most of the Middle Jurassic-to-Neocomian interval, the Mixteca Terrane experienced subsidence in a tensional tectonic regime. The process resulted in the deposition of a thick fluvial-changing-to-marine sedimentary sequence. Paleogeographic and paleobiogeographic relationships suggest a Pacific connexion for the Mixteca Terrane. Field and laboratory tests for the age of acquisition of the magnetic remanence suggest that the formations may retain a Jurassic direction. The mean direction for the Callovian Yucuñuti Formation is $N = 32$, $Dec = 328.6^\circ$, $Inc = 34.8^\circ$, $k = 66$ and $\alpha_{95} = 15^\circ$; and that for the Oxfordian Caliza con Cidarís is $N = 92$, $Dec = 12.8^\circ$, $Inc = 38.1^\circ$, $k = 83$ and $\alpha_{95} = 7^\circ$. The paleomagnetic record for the formations differs from that expected from the corresponding data reported for cratonic North America. The angular divergences if associated to tectonic movements indicate a northward latitudinal movement and a counterclockwise 18-to-30 degrees rotation. The tectonic movement may have occurred at some time between the Oxfordian and the Albian.

INTRODUCCION

Los terrenos cristalinos que forman el sur de México representan un mosaico tectónico con marcados contrastes cronológicos y petrotectónicos. Estos contrastes han sido resaltados a partir de los trabajos de investigación geocronológica (Fries *et al.*, 1962; Fries y Rincón-Orta, 1965; Anderson y Silver, 1971; Halpern *et al.*, 1974; Ruiz-Castellanos, 1979) y los trabajos de investigación petrológica y tectónica (Ortega y Gutiérrez, 1975, 1978, 1981, 1984; Campa y Ramírez, 1979 y Carfantán, 1983). Estos contrastes y otras consideraciones relacionadas con los límites tectónicos entre estos terrenos fueron utilizados por Campa y Coney (1983) para proponer una división tectonoestratigráfica del sur de México como parte de una zonación también tectónica y estratigráfica general para el país (figura 1). Por otra parte, la mayoría de las reconstrucciones relativas a la porción occidental de Pangea muestran traslapes parciales del norte de Gondwana sobre el espacio de la corteza continental de México para algún lapso entre el Pérmico y el Jurásico Medio (por ejemplo, Carey, 1958; Bullard *et al.*, 1965; Van der Voo y French, 1974; Van der Voo *et al.*, 1976; Morel e Irving, 1981; Urrutia-Fucugauchi, 1984).

La posición actual, relativamente alejada de los terrenos cristalinos antiguos de esta porción de México (complejos Oaxaqueño y Acatlán) con respecto a los bordes de algún cratón mayor, en la margen del cual hubieran evolucionado, refuerza la idea de que dichos terrenos fueron transportados a dicha posición relativa durante la disgregación de Pangea. Si se toma en consideración que los episodios iniciales de expansión en el Golfo de México han sido interpretados para el Calloviano (Buffler

y Sawyer, 1985) y que el período de actividad para las fallas regionales de desplazamiento lateral corresponde principalmente al Jurásico (Anderson y Schmidt, 1983), las rocas del Jurásico Superior del sur de México constituyen un interesante objetivo paleomagnético para tratar de reconstruir los movimientos relativos de esta porción, asociados a la disgregación de Pangea y al emplazamiento en su posición relativa actual.

Entre los terrenos del sur de México, el que cuenta con el mayor cubrimiento estratigráfico para el Mesozoico y con la mayor certidumbre sobre la edad de sus formaciones jurásicas es el Terreno Mixteca, por lo cual se le escogió para desarrollar la presente investigación (Morán Zenteno, 1987).

Las mediciones paleomagnéticas llevadas a cabo durante el desarrollo de la presente investigación fueron encaminadas hacia la integración de un cuadro informativo sobre las direcciones de magnetización del intervalo Calloviano-Oxfordiano. Dado que ya se contaba con algunos resultados del Cretácico, publicados, que formaban un grupo bien definido y coherente de direcciones (Urrutia-Fucugauchi, 1981, 1988; Urrutia-Fucugauchi y Van der Voo, 1983; Böhnell, 1985; Treviño-Rodríguez, 1986; Jurado-Chichay, 1988), los resultados obtenidos del Jurásico podrían completar la información necesaria para documentar posibles movimientos relativos de esta porción de México.

El análisis cartográfico y estratigráfico permitió reconocer un conjunto de unidades susceptibles de ser muestreadas, dadas sus características litológicas y la información disponible en relación con su posición estratigráfica. La localización precisa de los sitios de muestreo para cada unidad se definió tomando como referencia la zonificación tectónica desarrollada durante el análisis estructural y siguiendo criterios relacionados con el estado físico de los afloramientos, el grado de intemperismo, así como las perturbaciones estructurales locales y la accesibilidad.

Tomando en consideración los criterios anteriores se seleccionaron las formaciones Yucufuti y Caliza con Cidarís en las áreas de Tezoatlán y Tlaxiaco respectivamente.

MÉTODOS

La mayor parte de las muestras estudiadas fueron medidas en el magnetómetro de

MAPA GEOLOGICO DEL TERRENO MIXTECA

97° 20' 19° 0'

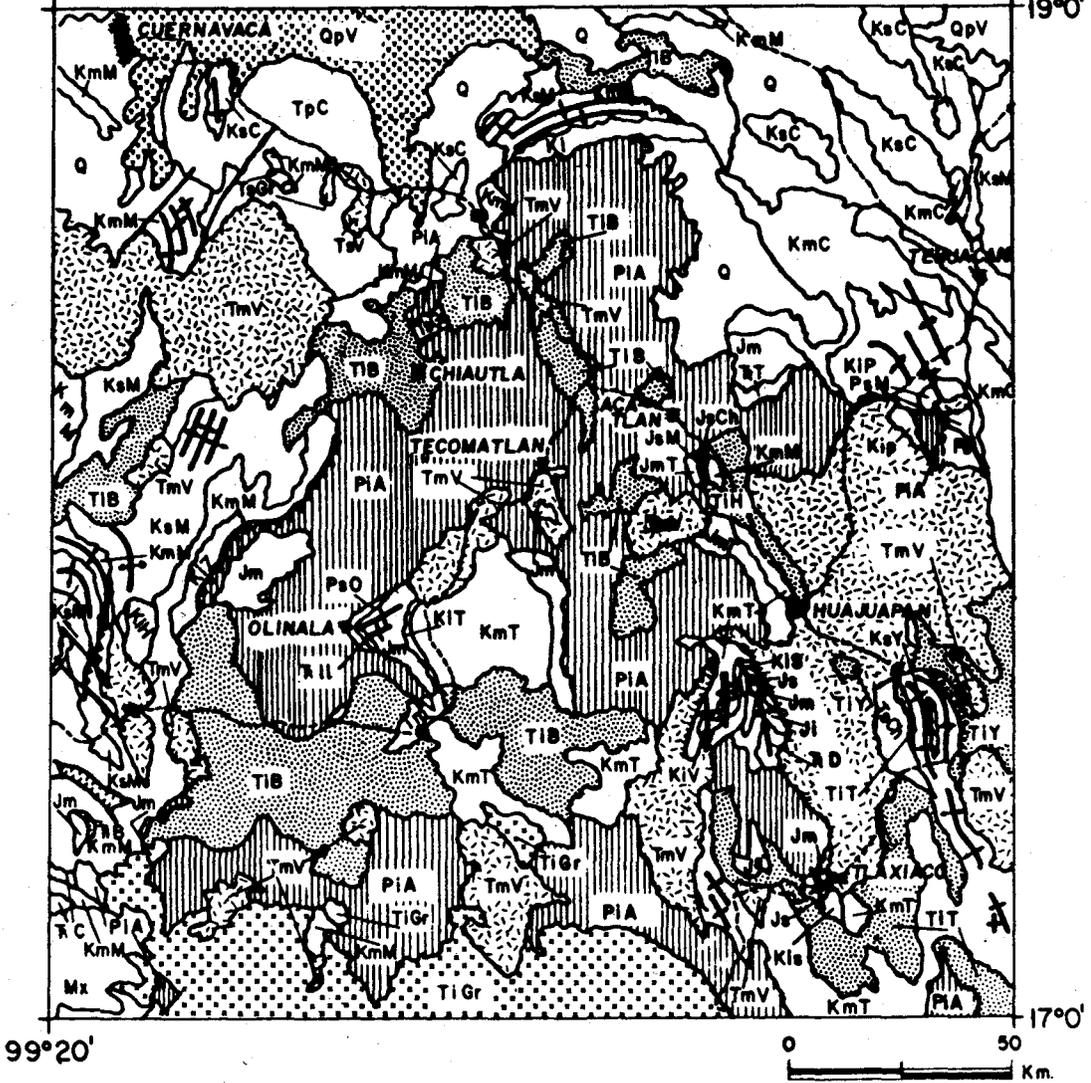


Fig. 1. Mapa geológico del Terreno Mixteco.

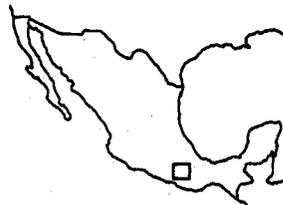
LEYENDA

SIMBOLOGIA

SEDIMENTARIAS VOLCANICAS PLUTONICAS Y METAMORFICAS

TERCIARIO	Q	DEPOSITOS CUATERNARIOS		
		QpV	VOLCANITAS PLOCUATERNARIAS	
	TpC	FORMACION CUERNAVACA		TpGr GRANITO
	TsCh	FORMACION CHILAPA		
		TmV	VOLCANITAS DEL OLIGOCENO-MIOCENO	
	TIV	FORMACION YANHUATLAN		
	TIB	GRUPO BALSAS		TIGr GRANITO
		TIT	CONGLOMERADO TAMAZULAPAN	
		Tm	FORMACION MUJAJAPAN	
	CRETACICO	KsM	FORMACION MEXCALA	
		KsY	FORMACION YUCUNAMA	
KsC		FORMACIONES CUAUTLA Y MALTRATA		
KmM		FORMACION MORELOS		
		KmT	CALIZA TEPOSCOLULA	
		KmC	FORMACION CIPIAPA	
KIZ		FORMACION ZICAPA		
		Km	FORMACION NUTZUCO	
KIP		GRUPO PUEBLA		
KIT		UNIDAD TLAQUILTEPEC		
JURASICO	KIS	UNIDAD SABINAL		
			KIV	UNIDAD SAN VICENTE
	JsC	CALIZA CON CIDARIS		
		JsM	FORMACION MAPACHE	
	JsCh	CALIZA CHIMECO		Mx COMPLEJO XOLAPA
	Jm	CONGLOMERADO CUALAC Y GRUPO TECOCOYUNCA		
		JmT	FORMACION TECOMAZUCHIL	
	J	FORMACION ROSARIO		
			T T	TRONCO DE TOTOLTEPEC
	PRECAMBRICO PALEOZOICO TRIASICO	T C	FORMACION CHAPOLAPA	
PaO		FORMACION LOS ARCOS (OLINALA)		
PaM		FORMACION MATZITZI		
			PIA	COMPLEJO ACATLAN
			Pz	COMPLEJO OAXAQUENO

-  CONTACTO GEOLOGICO
-  PLIEGUE ANTICLINAL CON INDICACION DEL BUZAMIENTO
-  PLIEGUE SINCLINAL CON INDICACION DEL BUZAMIENTO
-  FALLA NORMAL REGIONAL
-  CABALGADURA
-  FALLA DE DESPLAZAMIENTO LATERAL CON INDICACION DEL MOVIMIENTO RELATIVO
-  LOCALIDAD CON ESTUDIO PALEOMAGNETICO



Compilacion integrada sobre la carta topografica esc. 1:1 000 000 del INEGI

Principales fuentes cartograficas

Cartas geologicas del INEGI escalas 1:1 000 000 y 1:250 000

- Lopez Ramos, 1979
- Corona Esquivel, 1986
- Cserna et al., 1980
- Fries, 1980
- Ferrusquia Villalobos, 1976
- Monroy y Sosa, 1984
- Salinas Prieto, 1988

giro MOLSPIN del Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM. Las pruebas de desmagnetización térmica y de campos alternos se efectuaron en instrumentos Schonstedt del mismo laboratorio. El resto de las mediciones se efectuó en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad de Münster, Alemania Federal. La baja intensidad de magnetización en las muestras de la Caliza con Cidaris obligó a medir tres veces cada una para atenuar el efecto del ruido electrónico del magnetómetro. Durante los procedimientos de desmagnetización se hicieron medidas de la susceptibilidad magnética, con el objeto de reconocer posibles alteraciones en las propiedades magnéticas de los minerales portadores del magnetismo remanente. Todas las muestras fueron colectadas en campo, utilizando una perforadora portátil de gasolina con barrenas de borde diamantado de 2.5 cm de diámetro interior.

Los diagramas vectoriales construídos para las unidades investigadas representan el comportamiento de dichas muestras durante los experimentos de desmagnetización. Al graficar los valores de las componentes de los vectores, obtenidos en cada paso de la desmagnetización, en un sistema de tres ejes ortogonales (X, Y y Z) se construyen dos curvas, una para el plano horizontal X, Y y otra para el plano vertical X, Z. La trayectoria recta de estas líneas hacia el origen indicaría la presencia de una sola componente vectorial, sin la remoción de otras componentes durante la desmagnetización. Para todos los diagramas de composición vectorial presentados en este trabajo el eje X corresponde al norte-sur y los ejes Y y Z corresponden, respectivamente, al este-oeste y abajo-arriba.

PALEOMAGNETISMO DE LA FORMACION YUCUÑUTI EN EL AREA DE TEZOATLAN, OAXACA

Marco geológico

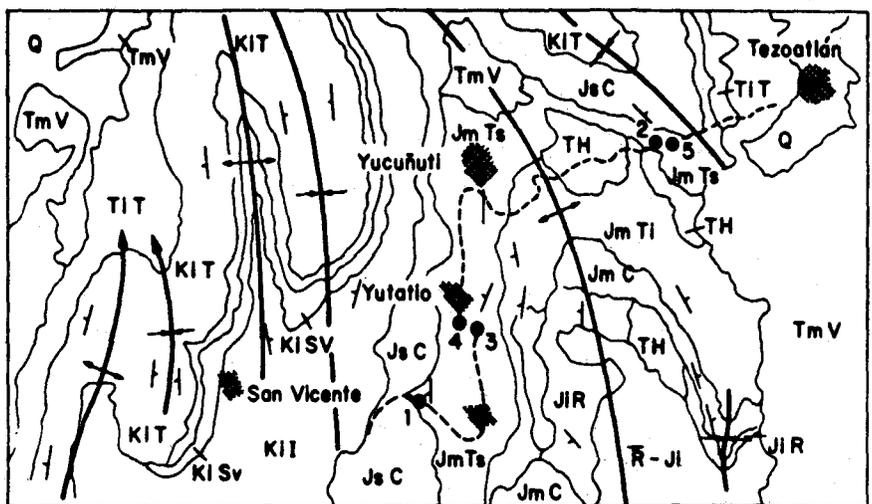
El estudio paleomagnético del Jurásico Medio en el área de Tezoatlán, Oaxaca, se enfocó hacia la parte alta del Grupo Tecocoyunca, en donde se cuenta con cuerpos calcáreos con características físicas apropiadas para la obtención de muestras y se tenían buenas expectativas en cuanto a la estabilidad magnética. En un estudio anterior desarrollado por Böhnelt (1985) en el área de San Juan Diquiyú, para la parte inferior del Grupo Tecocoyunca, formada esencialmente por cuerpos detríticos, se obtuvieron comportamientos inestables en la mayoría de las muestras.

En el área de estudio se tiene una secuencia jurásica de aproximadamente 800 metros de espesor, con fuertes variaciones laterales y constituida por la Formación Rosario, atribuida al Toarciano (Erben, 1956a); el Conglomerado Cualac del Aale-niano Bajociano (Erben, 1956b) y las formaciones Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucufuti que cubren el intervalo Bajociano Medio-Calloviano Inferior (Burkhardt, 1927; Erben, 1956b). Sobre la secuencia anterior descansa la Caliza con *Cidaris* del Oxfordiano (Erben, 1956b) y, a su vez, esta unidad subyace a un cuerpo sedimentario innominado que alcanza hasta el Hauteriviano (González y Comas, 1981; Ferrus-quía-Villafranca y Comas, 1987; González-Torres, 1988). Toda la secuencia anterior constituye, aparentemente, un paquete continuo, detrítico hacia la base y calcáreo y calcareoarcilloso hacia la cima.

La parte inferior del llamado Grupo Tecocoyunca, constituida por las formaciones Zorrillo y Simón, está compuesta esencialmente por capas de areniscas y limolitas con una abundante flora fósil (Wieland, 1913, 1914). Las areniscas, de acuerdo con el análisis petrográfico de González-Torres (1988), corresponden en su mayor parte a litarenitas y areniscas de cuarzo inmaduras. La Formación Taberna está formada por lutitas, lutitas calcáreas y calizas, con abundantes concreciones calcareo-hematíticas y fósiles de amonitas y pelecípodos (Burkhardt, 1927; Erben, 1956b; Ochoterena, 1966).

La parte alta del llamado Grupo Tecocoyunca incluye, de acuerdo con la división de Erben (1956b), las formaciones Otatera y Yucufuti, que presentan, además de capas detríticas de arenisca y limolita, numerosas intercalaciones de coquina, calizas limolíticas y arenosas, así como calizas micríticas. La fauna más significativa de amonitas en esta secuencia proviene de la Formación Yucufuti (Erben, 1956b). Dicha fauna incluye, en esta localidad, géneros como *Reineckeia*, *Peltoceras* y *Xenocephalites*. Estos géneros y varias de sus especies habían sido identificados por Burkhardt (1927) en el área de Cualac, Guerrero. La identificación y alcance de las amonitas de la Formación Yucufuti, en esta última área, han sido revisados y modificados por Westerman y sus colaboradores (1984), quienes establecieron para la Formación Yucufuti, en aquella área, un alcance entre el Batoniano Superior y el Calloviano Inferior.

La secuencia del Jurásico Medio en esta área se encuentra conformando un anticlinal amplio, con rumbo axial al norte-noroeste y un ligero buzamiento al noroeste (figura 1). Hacia el área de Diquiyú, el anticlinal está abierto en un cuerpo volcánico



LEYENDA	
Q	Depósitos del Cuaternario
TmV	Volcánico indiferenciado del Oligoceno-Mioceno
TmH	Cuerpos hipabisales del Terciario
TIT	Conglomerado Tamazulapan
KIT	Caliza Teposcolula
KIZ	Unidad detrítica del Cretácico Inferior
KISV	Formación San Vicente
KII	Unidad inominada del Neocomiano
JsC	Caliza con Clarias
JmTs	Formaciones Otatera y Yucuñuti indiferenciadas
JmTi	Formaciones Zorrillo, Taberna y Simón indiferenciadas
JmC	Conglomerado Cuclac
JIR	Formación Rosario
R-JI	Unidad volcánica del Triásico-Jurásico Inferior (?)

SIMBOLOGIA	
	Contacto geológico
	Plegue anticlinal
	Plegue sincinal
	Sitio de muestreo paleomagnético
	Rumbo e inclinación de capa
	Falla normal
	Falla de cabalgadura

Fig. 2. Mapa geológico del área de Tezoatlán, Oaxaca, con los sitios de muestreo paleomagnético (Cartografía geológica por E. González Torres y D. J. Morán).

que subyace a la Formación Rosario. Hacia el suroeste, la Formación Rosario descansa, en discordancia, sobre esquistos del Complejo Acatlán (González-Torres, 1988).

La totalidad de las muestras proviene de la parte superior del Grupo Tecocoyunca,

específicamente del intervalo considerado por Erben (1956b) como Formación Yucufuti. Los sitios que proporcionaron muestras útiles pertenecen a ambos flancos de la estructura anticlinal (figura 2) y se encuentran estratigráficamente arriba del intervalo rico en amonitas.

El sitio 1, ubicado en el flanco occidental de la estructura, corresponde a muestras extraídas de un intervalo de micritas de aproximadamente 20 metros de espesor. Las muestras de los sitios 2 y 5, ubicados en el flanco oriental de la estructura, fueron tomadas de un cuerpo de aproximadamente 15 metros de micritas arenolimosas. Los sitios 3 y 4 corresponden a muestras de micrita arenosa, ubicados estratigráficamente debajo del sitio 1. El reconocimiento de efectos de alteración hidrotermal y por in-

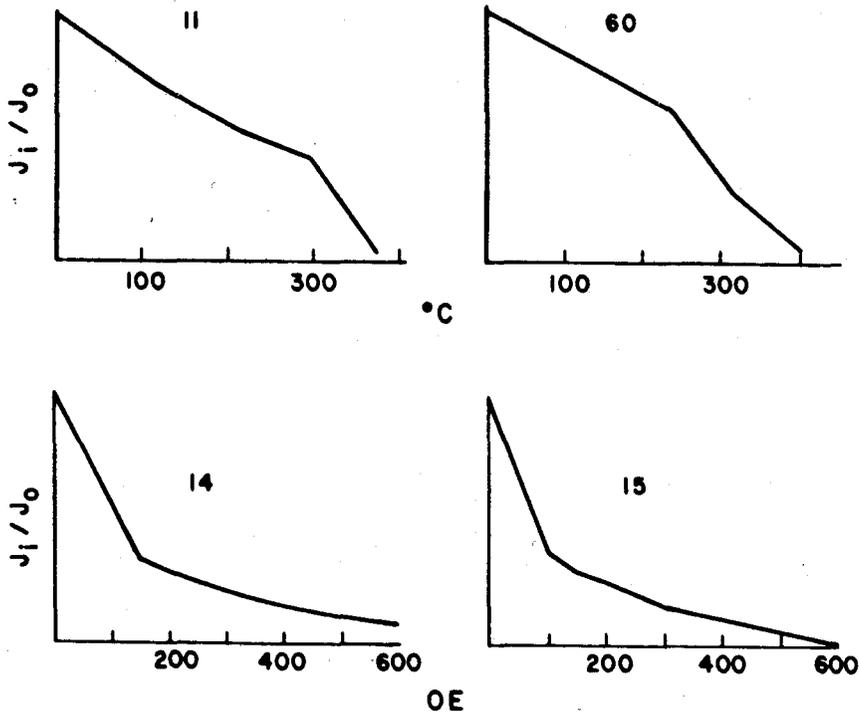


Fig. 3. Gráficas de intensidad normalizada que ilustran el comportamiento de la magnetización durante la desmagnetización térmica (muestras 11 y 60) y por campos magnéticos alternos (muestras 14 y 15). El eje de las abscisas en las gráficas inferiores representa los valores del campo aplicado en oerstedts.

temperismo en las muestras, así como las direcciones dispersas observadas, obligaron a desechar estos dos últimos sitios.

Resultados paleomagnéticos

El estudio paleomagnético en la Formación Yucufuti se basó en la medición de 52 muestras provenientes de cinco sitios (figura 1). Todas las muestras fueron desmagnetizadas a pasos, utilizando principalmente el método de la desmagnetización térmica, con algunas muestras desmagnetizadas por campos magnéticos alternos. Las gráficas de intensidad normalizada para los dos tipos de desmagnetización (figura 3) indican, por una parte, la presencia de minerales de baja coercitividad y, por otra, temperaturas de bloqueo relativamente bajas para dichos minerales.

La prueba del pliegue aplicada a todas las direcciones obtenidas de los sitios 1, 2 y 5 dio resultados positivos, ya que con la corrección estructural los parámetros k y α_{95} variaron respectivamente de 13° a 22° y de 9° a 6° . Esto indica que la magnetización es anterior a la deformación y que muy probablemente se trata de una magnetización primaria. Los diagramas de composición vectorial (figura 4) no muestran la remoción de otras componentes importantes. Las direcciones medias de los sitios, después del lavado magnético, se resumen en la Tabla 1. Los datos están referidos a la paleohorizontal (con corrección estructural). Las direcciones muestran un buen agrupamiento dentro de los sitios y presentan declinaciones hacia el noroeste con declinaciones que varían entre 25 y 44 (figura 5). A pesar de lo anterior, la declinación

Tabla 1

Resultados paleomagnéticos para la parte alta del Grupo Tecocoyunca (Formación Yucufuti)

Sitio	n/r	Declinación/Inclinación medias	k	α_{95}	Tratamiento
I	8/2	332.4/44.7	82.1	7	300°C
II	9/1	328.6/25.6	15.6	14	300°C
V	15/3	327.5/34.2	16.3	11	320°C
Media	3	328.6/34.8			

Las medias de los sitios III y IV no fueron incluidas porque estos sitios tienen una fuerte dispersión interna y las muestras presentan efectos de alteración química.

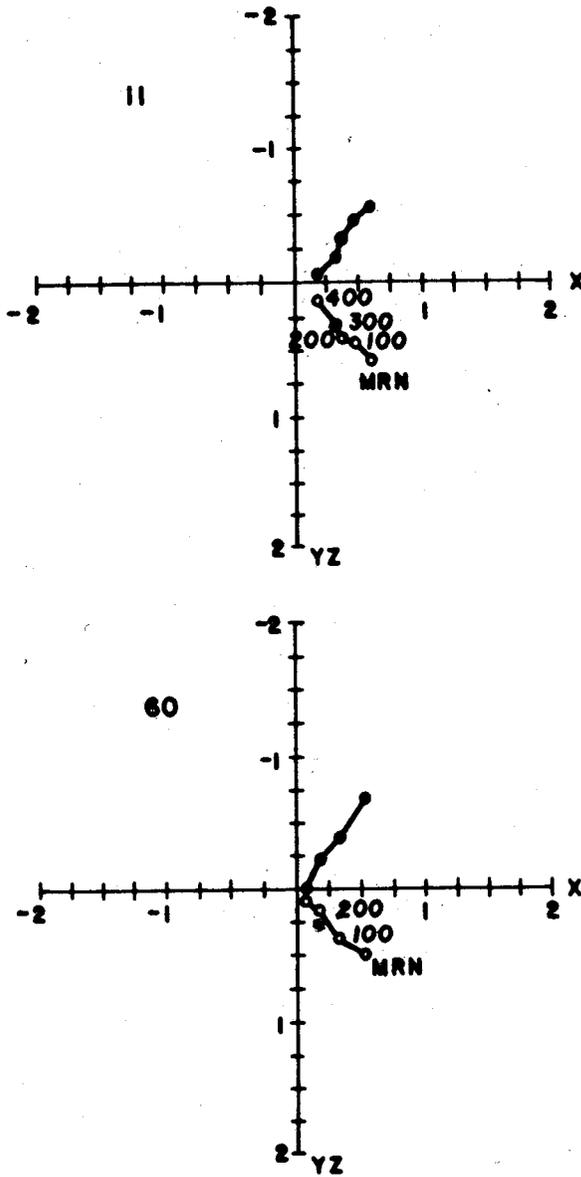


Fig. 4. Diagramas de composición vectorial que muestran el comportamiento típico de los vectores de magnetización durante el tratamiento térmico a pasos. Los ejemplos corresponden a las muestras 11 y 60. X, Y y Z representan respectivamente el Norte, Este y abajo.

media para esta unidad no coincide con la esperada respecto a Norteamérica (Tabla 3), lo que indica que esta secuencia, o el terreno que la contiene, sufrieron una rotación en el sentido contrario a las manecillas del reloj. La inclinación media (34.8°) es más elevada que la esperada con respecto a Norteamérica (-12°) e indica translaciones latitudinales significativas.

PALEOMAGNETISMO DE LA CALIZA CON CIDARIS, AREA DE TLAXIACO, OAXACA

Marco geológico

Las muestras estudiadas de la Caliza con Cidaris fueron extraídas de los afloramientos ubicados en la Loma Titana, la cual se localiza inmediatamente al oeste de Tlaxiaco. La secuencia oxfordiana de esta localidad, denominada por Erben (1956b) Caliza con Cidaris, ha sido reconocida y descrita por Felix (1891), Felix y Lenk (1899), Burkhardt (1930), Flores (1909), Erben (1956b) y Carrasco (1981). Estos autores han obtenido una abundante fauna fósil que incluye invertebrados de los *Phyla Mollusca, Brachiopoda y Equinodermata*. Adicionalmente, Buitrón (1970) llevó a cabo una revisión de los equinoides de la misma Loma Titana y determinó especies del género *Cidaris* correspondientes principalmente al Oxfordiano, aunque la autora señala que probablemente la secuencia alcance la parte alta del Calloviano y la base del Kimeridgiano. Dentro de la fauna reportada para esta unidad se encuentran los moluscos *Lima (Plagiostoma) sp.* y *Gryphaea mexicana* Felix, así como el braquiópodo *Parathyridina mexicana*, que en conjunto indican una edad oxfordiana (Carrasco, 1981).

La Caliza con Cidaris está constituida en esta localidad por una secuencia de aproximadamente 250 metros de espesor, de biomicrita arcillosa y biointramicrita con intercalaciones de coquinas de bivalvos en la base y en la parte media de la secuencia (Carrasco, 1981). La parte superior de la secuencia está formada por bancos de caliza color gris, con espesores de 30 centímetros a un metro (Erben, 1956b). Este miembro contiene pequeños lentes de pedernal y está constituido esencialmente por biomicrita y biomicrita arenosa con algunas capas oolíticas. De este miembro fueron extraídas la totalidad de las muestras paleomagnéticas, a lo largo de una sección de casi 100 metros de espesor.

La Caliza con Cidaris descansa, según Erben (1956b), sobre la Formación Yucuñuti, mediante un contacto concordante y transicional; sin embargo, Carrasco (1981)

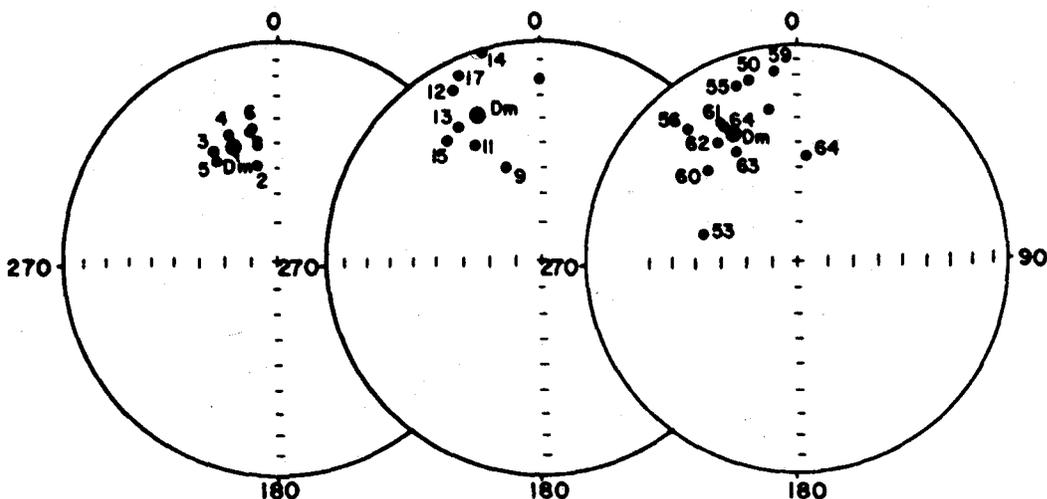


Fig. 5. Estereodigramas que muestran las direcciones de magnetización obtenidas en los sitios 1, 2 y 5 de la Formación Yucufiuti. Los círculos negros indican que las inclinaciones son positivas. Los círculos mayores indican las direcciones medias para cada sitio. La representación es de acuerdo con la plantilla de Schmidt y las direcciones se presentan referidas a la paleohorizontal (con corrección estructural).

observó una relación de discordancia erosional con la citada formación, al norte de la Loma Titana. Este mismo autor reconoció que, lateralmente, la Caliza con *Cidaris* llega a cubrir directamente la secuencia indiferenciada de las formaciones Zorrillo y Taberna.

Estructuralmente, la Caliza con *Cidaris* forma parte, en esta área, de un monoclinal con rumbos de capa al norte-noreste e inclinaciones al este-sureste con valores entre 15 y 25 (figura 6). Este monoclinal forma, en realidad, el flanco de una estructura regional abierta que consiste en un anticlinal con extenso afloramiento del Complejo Acatlán en su núcleo.

Resultados paleomagnéticos

Como ya se indicó, las muestras colectadas para la Caliza con *Cidaris* proceden de una sección continua cercana a los 100 metros de espesor. El criterio para agrupar las muestras en sitios fue el de su homogeneidad interna en cuanto a los valores de

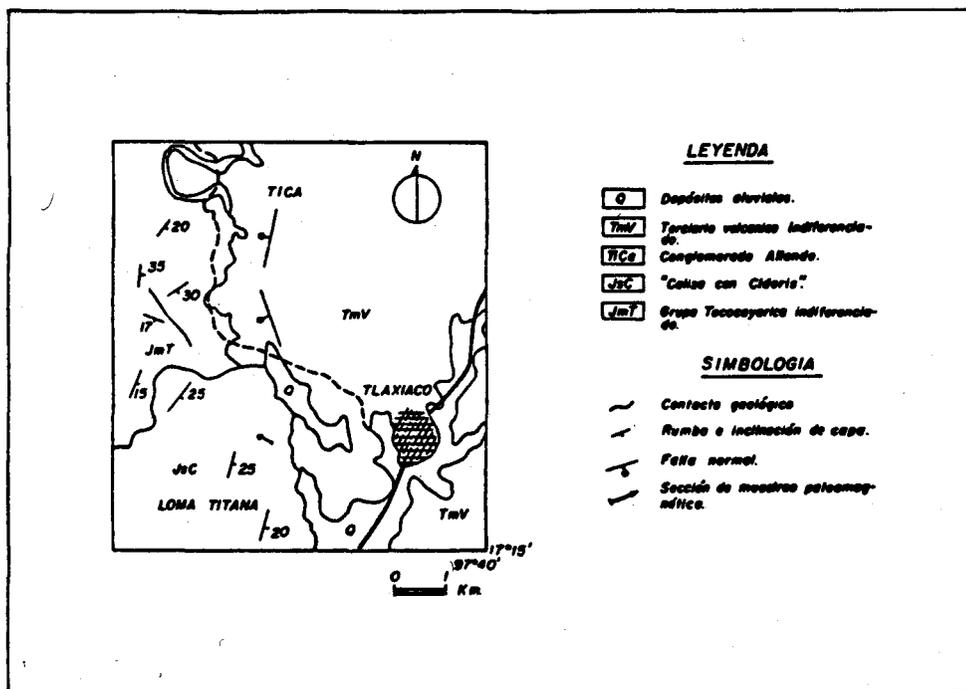


Fig. 6. Mapa geológico del área de Tlaxiaco que muestra la sección a lo largo de la cual se tomaron las muestras paleomagnéticas (Cartografía geológica de D. J. Morán. La porción norte esta tomada de Carrasco, 1981).

rumbo y echado. Se midieron en total 92 muestras, con pruebas de desmagnetización a pasos en 20 de ellas y un lavado magnético en las restantes 72.

Las pruebas de desmagnetización térmica y de campos alternos revelaron un comportamiento estable con remoción de pequeñas componentes a los 100 oersteds (figura 7). Por otra parte, los cambios de la intensidad durante dichas pruebas indicaron la presencia de minerales de baja coercitividad, como los de la serie de titanomagnetita, con temperaturas relativamente bajas de bloqueo, lo que sugiere la presencia de miembros intermedios de dicha serie (figura 8).

Las direcciones medias para los diferentes sitios, así como los parámetros estadísticos se resumen en la Tabla 2 y la mayor parte de las direcciones se representan gráficamente.

Tabla 2

Resultados paleomagnéticos correspondientes a la "Caliza con *Cidaris*"

Sitio	n/r	Declinación/Inclinación medias	k	α_{95}	Tratamiento
I	11/1	359.5/41.7	39.2	8	200°C y 300 - 500 OE
II	8/0	13.6/40.7	109.2	5	200°C y 400 - 500 OE
III	11/2	16.3/34.4	24.6	10	200 - 325°C
IV	13/9	30.5/37.6	16.7	13	175°C
V	13/1	47.9/36.9	3.9	25	200°C
VI	13/0	8.4/39.5	14.6	11	200°C
VII	12/2	8.3/32.9	25.6	9	200°C - 400 OE
VIII	11/0	3.3/40.8	1.6	55	200°C
Media		12.8/38.1	83.4	7	

La media se calculó sin tomar en cuenta los sitios V y VIII que presentan dispersiones muy elevadas. Los datos están referidos a la paleohorizontal.

ficamente en los diagramas de la figura 9. La mayoría de los sitios presenta buenos agrupamientos, excepto los sitios 5 y 8, que mostraron valores de α_{95} superiores a 20°, y, por tanto, no fueron incluidos en el cálculo de la dirección media para la unidad. Las direcciones medias de los sitios útiles se encuentran cercanas al norte y las inclinaciones oscilan entre 32° y 41°. Una de las muestras presenta polaridad reversa (muestra 322) y probablemente indica un evento de cambio en la polaridad.

La estabilidad de la magnetización y la ausencia de otras componentes significativas, además de la fuerte similitud de los valores en la inclinación de magnetización con otras unidades jurásicas (formaciones Yucuñuti y Tecamazuchil; este estudio, Böhnell, 1985, Urrutia-Fucugauchi, 1980) sugieren que el magnetismo remanente de la Caliza con *Cidaris* puede ser primario. Sin embargo, no se puede descartar por completo una remagnetización reciente, en virtud de la cercanía de las direcciones observadas con la del campo magnético actual.

La dirección media obtenida de los vectores de magnetización de la Caliza con *Cidaris* difiere de la esperada con respecto a Norteamérica. La inclinación media obser-

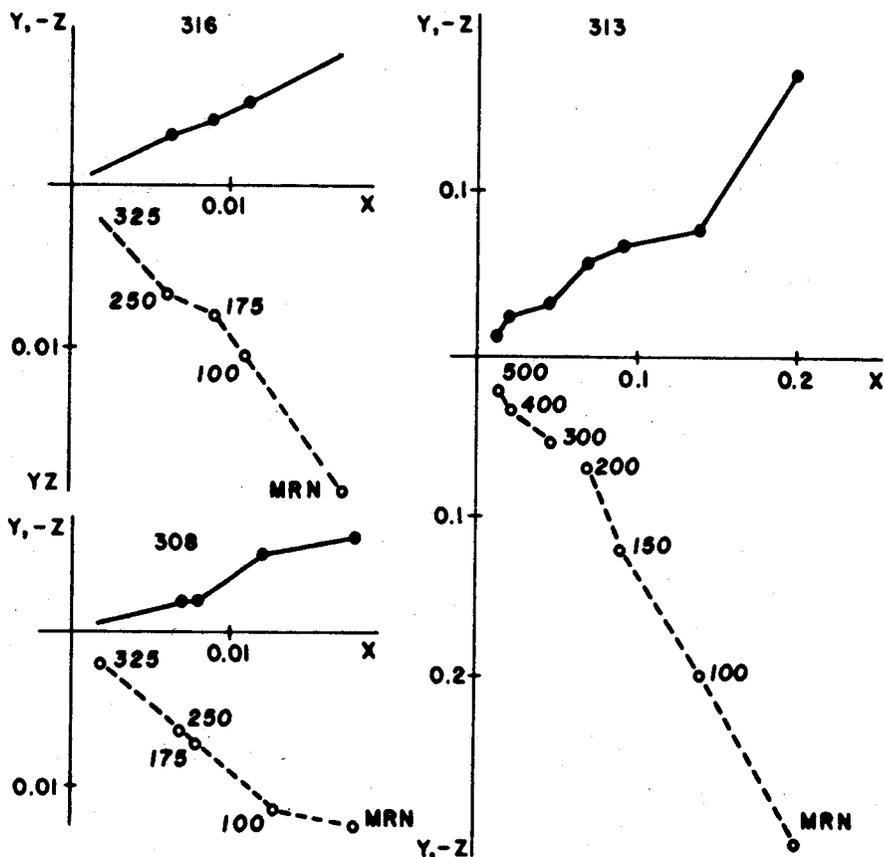


Fig. 7. Diagramas de composición vectorial que ilustran el comportamiento de las direcciones de magnetización durante los tratamientos por temperatura y por campos magnéticos alternos. Los ejemplos que se muestran corresponden a la desmagnetización térmica de las muestras 316 y 308 y a la desmagnetización por campos magnéticos alternos en la muestra 313.

vada (38.1°) es mayor que la esperada (-3°) y la declinación media se encuentra a la izquierda de la esperada con respecto a Norteamérica (Tabla 3), lo que indica probables desplazamientos de norte a sur con rotaciones en el sentido contrario a las manecillas del reloj.

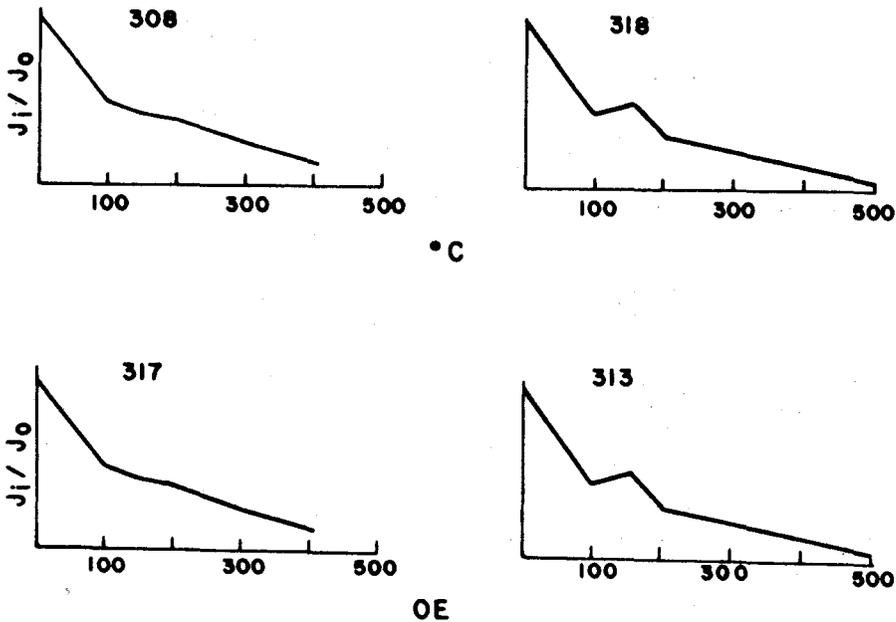


Fig. 8. Gráficas de intensidad normalizada (J_i/J_0) que muestran el comportamiento de algunas muestras de la Caliza con *Cidaris* durante la desmagnetización térmica (muestras 308 y 318) y la desmagnetización por campos magnéticos alternos (muestras 317 y 313). Los valores del eje de las abscisas en las gráficas inferiores están expresados en oersted.

DISCUSION

Las posiciones polares correspondientes a las formaciones Yucufuti y Caliza con *Cidaris* (figura 10) difieren de las posiciones polares medias reportadas para el cratón de Norteamérica (Irving e Irving, 1982). En la Tabla 3 se resumen los datos de las direcciones medias y los parámetros estadísticos para las unidades estudiadas y en ella se integran los resultados paleomagnéticos del Cretácico para el mismo terreno, publicados previamente por otros autores. Los valores de R y F expresan respectivamente la diferencia entre la declinación y la inclinación medias observadas y las esperadas con respecto a Norteamérica. ΔR y ΔF , por otra parte, son los valores de los errores estadísticos que resultan de considerar el α_{95} de la dirección observada y el de la dirección esperada con respecto a Norteamérica (Beck, 1980; Demarest, 1983). Cuando los valores de ΔR y ΔF son superiores a las diferencias de declinación e incli-

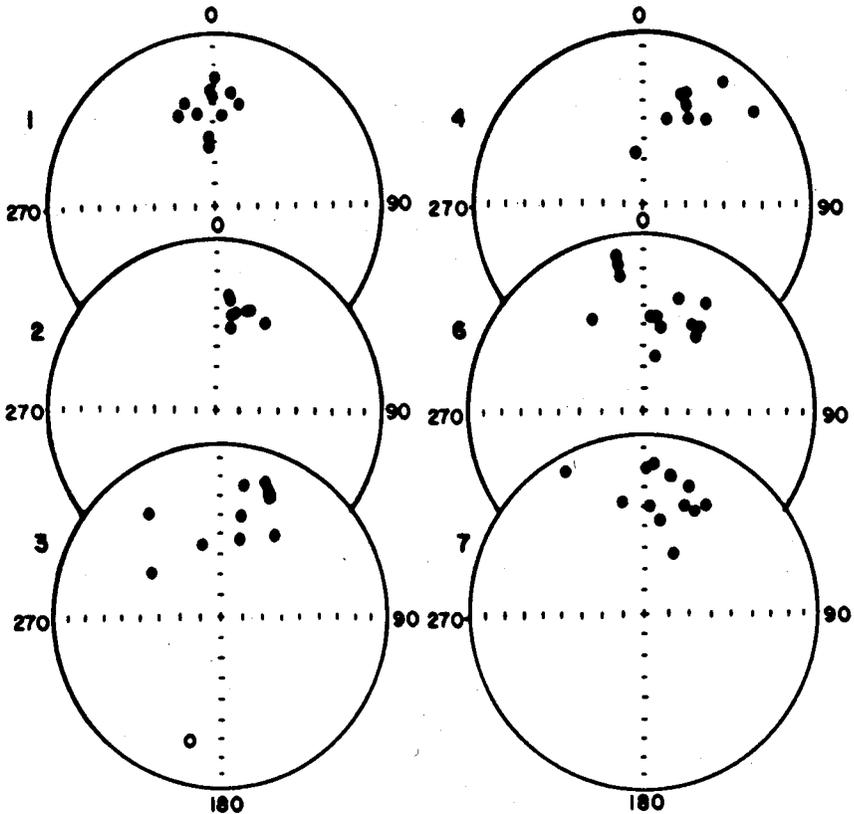


Fig. 9. Estereodiagramas que muestran las direcciones de magnetización obtenidas en seis sitios de muestreo en la Caliza con Cidaris, después de la corrección estructural. El número superior izquierdo indica el sitio. La representación es de acuerdo con la plantilla de Schmidt (igual área).

nación observadas y esperadas (R y F), entonces las posibles rotaciones o translaciones tectónicas de un terreno no quedan documentadas, ya que dichas diferencias son inferiores a los errores estadísticos. Los datos de las posiciones polares de Norteamérica para el cálculo de las direcciones esperadas corresponden, para el caso del Jurásico, a los propuestos por May y Butler (1986), mientras que los polos del Cretácico son de Irving e Irving (1982).

De las rocas jurásicas estudiadas durante la presente investigación se obtuvieron resultados paleomagnéticos que indican muy probablemente una magnetización prima-

Tabla 3
Resumen de los datos paleomagnéticos precenozoicos correspondientes al Terreno Mixteco

Unidad	Edad	Localización	Sitios muestra	Dec/Inc observadas	k	α_{95}	Dec/Inc esperadas	R \pm R	F \pm F	Referencia
Formación Tecmazúchil	Batoviano(?) Calloviano(?)	N18°05', W97°59'	1/25	179/-36.8	5	345/-11	14 \pm 12	-48 \pm 15		Böhmel, 1985
Formación Tecmazúchil	Batoviano(?) Calloviano(?)	N18°05', W97°59'	4/144	5.9/33.6	6	345/-11	20 \pm 11	-44 \pm 16		Urrutia-Fucugauchi, 1987
Formación Yucuiti	Calloviano	N17°40', W97°50'	3/32	328.6/34.8	66	345/-12	16 \pm 17	-47 \pm 18		Presente Estudio
"Caliza con Cidaris"	Oxfordiano	N17°15', W97°44'	6/92	12.8/38.1	83	340/-3	33 \pm 12	-41 \pm 15		Presente Estudio
Formación Morelos	Albiano Cenomaniano	N18°05', W97°59'	1/27	345.2/39.9	82	333/40	12 \pm 12	0.1 \pm 14		Böhmel, 1985
Formación Morelos	Albiano Cenomaniano	N17°30', W99°30'	3/35	332.7/46.8	4	334/40	-1 \pm 13	-7 \pm 13		Urrutia-Fucugauchi, 1985
Formación Morelos	Albiano Cenomaniano	N17°30', W99°30'	3/60	340.1/36.9	229	334/40	6 \pm 19	3 \pm 19		Treviño-Rodríguez, 1986

Las direcciones esperadas del Jurásico están referidas a los polos de May y Butler (1986) y las del Cretácico al polo de Irving e Irving (1982). Las relaciones de R y F con R y F expresan la divergencia real entre las direcciones observadas y las esperadas con respecto a los polos de referencia.

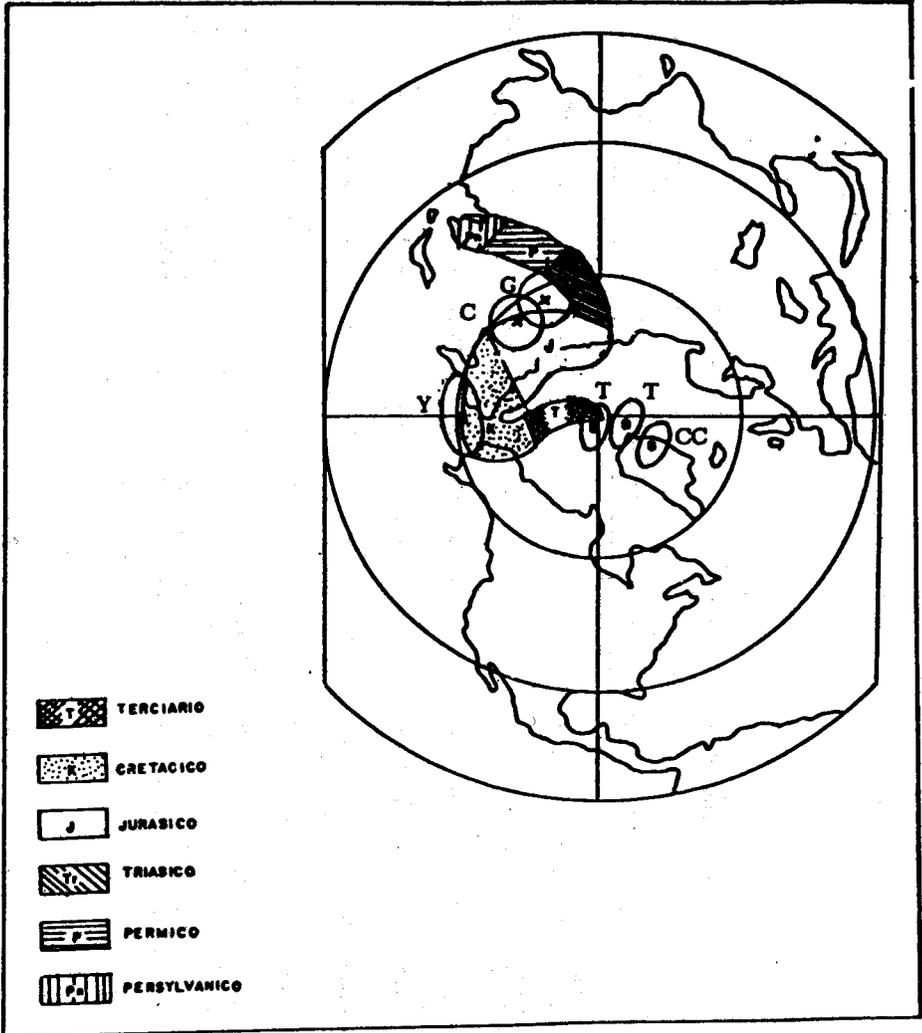


Fig. 10. Curva de deriva polar para Norteamérica (Irving, 1979, 1982) con las posiciones polares obtenidas de las secuencias jurásicas del Terreno Mixteco. (Y = Form. Yucufuti, T = Form. Tecomazúchil, CC = Caliza con Cidararis). Los polos C y G indican los polos jurásicos de referencia de May y Butler (1986) y corresponden, respectivamente, a las formaciones Corral Canyon y Glance.

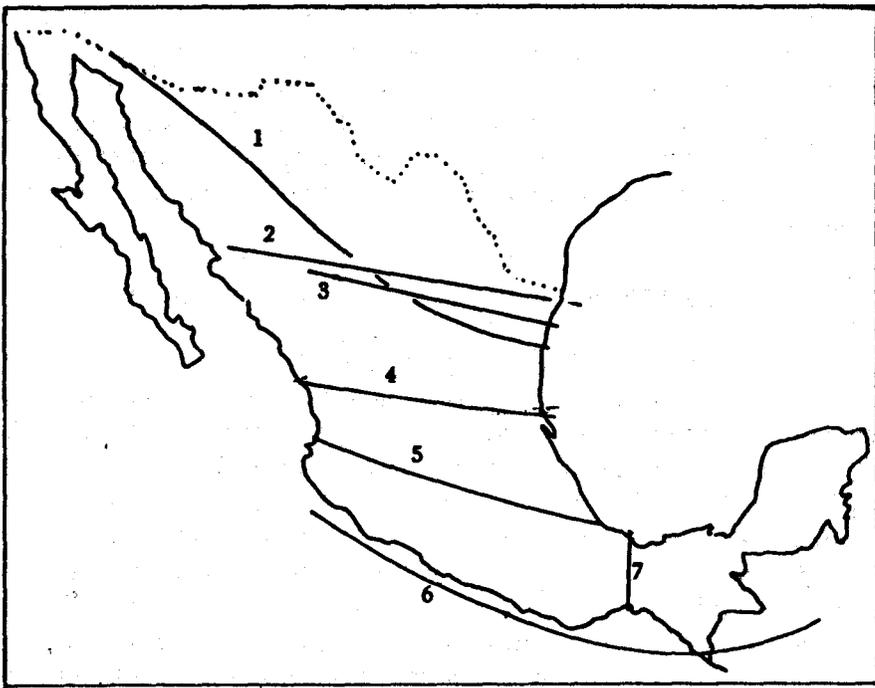


Fig. 11. Ubicación de las diferentes fallas regionales de desplazamiento lateral propuestas para el Mesozoico de México. 1) Silver y Anderson (1974); 2) Cserna (1970; 1976); 3) Murray (1956, 1961); 4) Cserna (1976); 5) Cserna (1976); Anderson y Schmidt (1983); 6) Anderson y Schmidt (1983); 7) Anderson y Schmidt (1983).

ria asociada a procesos post-depositacionales. La prueba del pliegue aplicada a las direcciones obtenidas de la Formación Yucufuti dio resultados positivos; adicionalmente, el agrupamiento interno de las direcciones para las unidades estudiadas, así como la similitud en los valores de las inclinaciones medias y la estabilidad magnética de la mayor parte de las muestras refuerzan la idea de una magnetización primaria.

Existen, además de los resultados de esta investigación, otros datos paleomagnéticos obtenidos por Böhnel (1985) en la secuencia detrítica del Jurásico Medio del área de San Juan Diquiyú, y por Urrutia-Fucugauchi (1980) y Böhnel (1985) en la Formación Tecamazúchil del área de Petlalcingo, Puebla. Los resultados de la Formación Tecamazúchil están integrados en la Tabla 3, ya que las direcciones presentan buenos agrupamientos y el comportamiento de la magnetización fue, durante la

desmagnetización, relativamente estable. Los resultados de la secuencia detrítica de la parte inferior del Grupo Tecocoyunca en el área de San Juan Diquiyú no se consideraron en la interpretación, debido al comportamiento inestable de la magnetización en la mayor parte de las muestras. Böhnelt (1985) indica que la dirección media de varios sitios sólo pudo ser calculada por la intersección de los círculos mayores que describen en un estereodiagrama la trayectoria de las direcciones durante la desmagnetización.

IMPLICACIONES TECTONICAS Y PALEOGEOGRAFICAS

Para tratar de resolver el problema planteado por la sobreposición de Gondwana en el espacio de México, según las reconstrucciones de la porción occidental de Pangea (Carey, 1958; Bullard *et al.*, 1965; Van der Voo y French, 1974; Ladd, 1976; Morel e Irving, 1981), se han formulado diversos modelos de evolución tectónica mesozoica para México y el Caribe. En las primeras interpretaciones se pueden reconocer modelos especulativos que descansan principalmente en consideraciones geométricas y aspectos geológicos muy generales. Freeland y Dietz (1971) y Walper y Rowett (1972) proponen, respectivamente, emplazamientos de porciones de la corteza de México y Centroamérica provenientes del espacio del Golfo de México y del suroeste de Norteamérica, pero no definen con claridad los mecanismos de desplazamiento ni las evidencias geológicas precisas para sustentar su interpretación. En estudios posteriores se puede reconocer la idea persistente de que gran parte de la corteza continental mexicana se habría emplazado en su posición actual con respecto a Norteamérica, a partir de una posición más occidental o noroccidental y por medio de la acción de fallas regionales de desplazamiento lateral izquierdo (Van der Voo *et al.*, 1976; Pilger, 1978; Walper, 1980; Anderson y Schmidt, 1983; Urrutia-Fucugauchi, 1984). En algunas de estas interpretaciones se hace referencia a propuestas anteriores de fallas regionales de desplazamiento lateral (Murray, 1956, 1961; Cserna, 1970, 1976; Silver y Anderson, 1974) (figura 11). También existen interpretaciones en las que se sugiere el emplazamiento de porciones del occidente y sur de México por medio de la agregación de fragmentos continentales provenientes de un dominio intraoceánico occidental (Urrutia-Fucugauchi, 1980; Coney, 1983). En ninguno de los casos anteriores se han documentado dichas rotaciones con datos paleomagnéticos de rocas mexicanas. Gose y colaboradores (1982) han obtenido direcciones de magnetización en varios cuerpos sedimentarios del Triásico y Jurásico en la región de Ciudad Victoria, a partir de los cuales han interpretado rotaciones de hasta 130 grados en el sentido contrario a las manecillas del reloj para la porción norte de México. La fuer-

te variación de las declinaciones obtenidas por Gose y sus colaboradores, así como el estado tectónicamente perturbado del área de muestreo, no permiten evaluar con precisión la interpretación sobre dichas rotaciones. La distribución de las posiciones polares describe un segmento de círculo menor con centro en el área de muestreo (Urrutia-Fucugauchi *et al.*, 1987). Esta distribución puede ser interpretada en términos de rotaciones aparentes como resultado del tipo de corrección estructural aplicada a las direcciones y no de una rotación tectónica (MacDonald, 1980).

En el modelo de evolución tectónica desarrollado por Anderson y Schmidt (1983) se hacen propuestas específicas en relación con los valores angulares de las rotaciones para los diferentes bloques continentales de México. Estas rotaciones se interpretan a partir de la propuesta de fallas regionales de desplazamiento lateral izquierdo para el Jurásico Tardío, y tomando en cuenta consideraciones geológicas y geométricas relativas a la continuidad de rasgos tectónicos regionales, de afinidades estratigráficas y de correspondencia en los contornos de los bloques. De acuerdo con este modelo, el desplazamiento a lo largo de la Megacizalladura Mojave-Sonora y de la Faja Volcánica Mexicana, durante el Jurásico Tardío, habría propiciado el emplazamiento en el espacio del sur de México, de la porción continental que incluye a los terrenos Mixteca y Oaxaca. A esta porción continental la denominan los autores Bloque Maya del Oeste.

La rotación calculada para la Megacizalladura Mojave-Sonora es de 15 grados (Cohen *et al.*, 1986), mientras que para la Megacizalladura de la Faja Volcánica Mexicana es de 3° y con un polo de rotación distinto. El desplazamiento a lo largo de la zona de la actual Faja Volcánica sólo fue inferido por los autores a partir de una necesidad geométrica relacionada con el espacio necesario para ubicar el Bloque Maya Oriental al sur de la prolongación de la Megacizalladura Mojave-Sonora. Cohen y colaboradores (1986) han tratado de documentar desde un punto de vista paleomagnético el desplazamiento a lo largo de la Megacizalladura de Mojave-Sonora; sin embargo, las direcciones discutidas por estos autores en ambos lados de la traza de la supuesta falla presentan diferencias, como ellos mismos lo admiten, menores que las incertidumbres estadísticas.

En los resultados paleomagnéticos resumidos en la Tabla 3 se puede observar una clara discrepancia (valores de R y F) de las direcciones medias obtenidas para las formaciones Yucufuti, Tecamazúchil y Caliza con Cidarís en relación con las direcciones esperadas con respecto a Norteamérica. Estas discrepancias son mayores que los

errores estadísticos (ΔR y ΔF) y por lo tanto pueden revelar movimientos tectónicos. Las declinaciones medias para estas unidades del Jurásico Medio muestran entre sí divergencias de hasta 45° ; sin embargo, los valores de las inclinaciones medias son muy similares entre sí (33.6° , 34.8° , 36.8° , 38.1°) y sus diferencias son menores que los valores de incertidumbre estadística.

Si se consideran los posibles efectos de los fenómenos tectónicos locales y de rotaciones aparentes en la variabilidad de las declinaciones medias de las unidades jurásicas, y se toma el valor de la inclinación como un parámetro más sensible para interpretar desplazamientos tectónicos del Terreno Mixteca en su conjunto, se puede inferir un desplazamiento general para este terreno (junto con el Terreno Oaxaca). Este desplazamiento habría ocurrido en tiempos posteriores al Oxfordiano desde una posición más septentrional que su posición relativa actual con respecto a Norteamérica.

Es posible considerar que la posición anterior al desplazamiento propuesto correspondiera a alguna zona de la margen occidental de Norteamérica, sobre todo si se atiende al hecho de que las primeras invasiones marinas sobre el Terreno Mixteca (Bajociano) parecen ser anteriores a cualquier episodio de sedimentación marina mesozoica en el espacio del Golfo de México, y de que las inferencias paleobiogeográficas, basadas en la distribución de amonitas, indican una afinidad Pacífica para el Jurásico Medio (Imlay, 1980; Westerman *et al.*, 1984). Existen, sin embargo, escasas evidencias de que los terrenos Mixteca y Oaxaca tuvieran, en la porción suroccidental del Cratón Norteamericano, alguna continuidad con los cinturones tectónicos del Precámbrico y del Paleozoico. Es posible que la presencia de estos terrenos en el suroeste del Cratón Norteamericano constituyera una discontinuidad tectónica todavía más antigua que el Mesozoico, como se discutió en la primera parte de este trabajo.

Son escasas las inferencias paleobiogeográficas en relación con la posición del Terreno Mixteca anterior al tiempo de la disgregación occidental de Pangea. Imlay (1980) encuentra que la asociación de amonitas del Calloviano de México, formada por géneros reportados en Guerrero, Oaxaca y Puebla, es similar a la asociación del Calloviano en Chile, e incluye *taxa* característicos del dominio Pacífico, tales como *Xenocephalites*, *Euricephalites* y *Neuquenicerias*. Este autor opina, además, que la presencia de *Xenocephalites* y la semejanza de *Euricephalites* con *Lilloettia* muestran que el Calloviano Inferior de México contiene algunas amonitas similares a las del Calloviano Inferior de Oregón, Columbia Británica y el sur de Alaska. Por otra parte,

Westerman y sus colaboradores (1984) consideran que varias de las especies descritas como nuevas por Burkhart (1927) en el área de Cualac, Guerrero, y asignadas a los géneros *Macrocephalites*, *Reineckeia* y *Peltoceras*, pertenecen en realidad al género *Neuqueniceras* que es endémico del Pacífico. Más de la mitad de las especies de *Neuqueniceras* identificadas por Westerman y sus colaboradores en el área de Cualac son comunes a las especies reportadas para las provincias de Antofagasta, Neuquen y San Juan en Chile y Argentina y probablemente el sur de Perú. Estas similitudes son utilizadas por los autores para apoyar la idea de la aloctonía del Terreno Mixteca; sin embargo, la hipótesis de una procedencia de la Región Andina es opuesta a los resultados paleomagnéticos obtenidos durante la presente investigación. La paleoposición que Taylor y sus colaboradores (1984) atribuyen al Terreno Mixteca para el Jurásico Medio, de acuerdo con las inferencias de Westerman *et al.* (1984), es cercana al "Corredor Hispánico" que conectaba al Pacífico con el Mar de Tethys, pero no lejos de la Región Andina.

Las inferencias paleogeográficas en relación con la afinidad pacífica del Terreno Mixteca refuerzan la procedencia occidental de dicho terreno y del Terreno Oaxaca. Sin embargo, las declinaciones al norte y las inclinaciones positivas de las direcciones paleomagnéticas son más compatibles con una procedencia de la margen occidental de Norteamérica y no con la Región Andina.

En las tablas 4 y 5 se presentan los valores de las declinaciones e inclinaciones esperadas para el Terreno Mixteca, en relación con diferentes modelos de rotación y de acuerdo con distintas propuestas de fallas de desplazamiento. En cada modelo se asumen diferentes valores de rotación y se utilizan los polos eulerianos propuestos por Anderson y Schmidt (1983) y por Scotese *et al.* (1979). En la Tabla 4 se usa como polo paleomagnético de referencia, para Norteamérica, el polo de May y Butler (1986) de 172 M.a., mientras que en la Tabla 5 se usa el polo de 170 M.a. de Irving e Irving (1982).

En el caso A de los modelos presentados, se considera una rotación de 15 grados a lo largo de la Megacizalladura de Mojave-Sonora, de acuerdo con lo propuesto por Cohen *et al.* (1986). En el caso B se asume una rotación de 30 grados considerando que, además de la Megacizalladura de Mojave-Sonora, hubieran ocurrido desplazamientos adicionales a lo largo de otras fallas sensiblemente paralelas, que en suma produjeran una rotación de 15 grados. El caso C corresponde a los desplazamientos

Tabla 4

Diferentes modelos de rotación (en el sentido contrario a las manecillas del reloj) para el Terreno Mixteco en los que se asumen distintos supuestos tectónicos

Modelo	Angulo de rotación	Coordenadas polo euleriano	Coordenadas del polo paleomagnético de referencia	Coordenadas del polo paleomagnético rotado	Declinación e inclinación esperadas
A	15°	N52, W79	N61.8, E116	N60, E144	333, 4
B	30°	N52, W79	N61.8, E116	N53, E165	323.19
C	3°	N47, E31	N61.8, E116	N62, E148	334.5, 9.5
	15°	N52, W79			
D	26°	N48, W85.9	N61.8, E116	N72, E163	327, 19
E	0		N61.8, E116		345, -12

El polo paleomagnético de referencia corresponde al polo de 172 M.A. de May y Butler (1986). A) Rotación de 15° a lo largo de la Megacizalladura Mojave-Sonora, de acuerdo con el polo de rotación de Anderson y Schmidt (1983). B) Rotación de 30° a lo largo de la falla anterior o de otras fallas paralelas. C) Rotación de 3° a lo largo de la Megacizalladura de la Protofaja Volcánica Mexicana más 15° a lo largo de la Megacizalladura Mojave-Sonora. D) Rotación de 26° de acuerdo con el polo propuesto por Scotese *et al.* (1979) en su reconstrucción global. E) Modelo en el que se considera una posición estable con respecto a Norteamérica.

de la Megacizalladura Mojave-Sonora y la Protofaja Volcánica Mexicana de acuerdo con los valores propuestos por Anderson y Schmidt (1983). En el caso D se asumen el valor de la rotación y el polo euleriano utilizados por Scotese y colaboradores (1979) para México, en su reconstrucción global. Finalmente, en el caso E no se considera rotación alguna con respecto a Norteamérica.

Como se puede observar, en ningún caso las direcciones esperadas, según los diferentes modelos de rotación, igualan los valores de inclinación observados en las unidades jurásicas. Sin embargo, en los casos B y D de la Tabla 4, referida al polo de May y Butler (1986), y en los casos B, C y D de la Tabla 5, referida al polo de Irving e Irving (1982), las inclinaciones esperadas se aproximan a las observadas, hasta el nivel en el que las divergencias angulares son menores que la incertidumbre estadística. Las rotaciones asumidas en dichos modelos representarían, entonces, los desplazamientos mínimos para la porción continental de México que incluyera al Terreno Mixteca. Estos desplazamientos implicarían, por ejemplo, para el caso B de la Tabla 4, una velocidad mínima de desplazamiento de 3.7 cm/año para el intervalo Oxfordiano-Albiano.

Tabla 5
Otros modelos de rotación para el Terreno Mixteco

Modelo	Angulo de rotación	Coordenadas polo euleriano	Coordenadas del polo paleomagnético de referencia	Coordenadas del polo paleomagnético rotado	Declinación e inclinación esperadas
A	15°	N52, W79	N74, E102	N71, E141	344, 14
B	30°	N52, W79	N74, E102	N63, E166	332.4, 24.5
C	15°	N52, W79			
	3°	N47, E31	N74, E102	N72, E144	347, 22
D	26°	N48.6, W85.9	N74, E102	N63, E158	333, 18
E	0°		N74, E102		354, 5

En estos modelos se asumen los mismos supuestos de la Tabla 4.3, pero utilizando como polo paleomagnético de referencia el polo de 170 M.A. de Irving e Irving (1982).

Los resultados paleomagnéticos obtenidos no ofrecen la suficiente resolución para seleccionar alguno de los modelos señalados como favorables, pero sí permiten inferir que los modelos en los que se asume una posición fija con respecto a Norteamérica, o solo una rotación de 15 grados, no son compatibles con los resultados paleomagnéticos del Terreno Mixteca. El desplazamiento tectónico de este terreno debe haber ocurrido entre el Jurásico Tardío y el Cretácico Temprano. Para el Albiano ya se encontraba en su posición relativa actual o muy cerca de ella, hecho que se puede inferir de las direcciones de magnetización de la Formación Morelos, las cuales son muy cercanas a las esperadas con respecto a Norteamérica.

La posibilidad de que a lo largo de la actual Faja Volcánica Trans-Mexicana se haya desarrollado una discontinuidad tectónica con desplazamiento izquierdo durante el Jurásico Tardío, no puede ser claramente evaluada a la luz de los datos geológicos disponibles. No existen reportes de terrenos cristalinos correlacionables con el Complejo Acatlán, que se encuentren ubicados inmediatamente al norte de la Faja Volcánica Mexicana y que permitan hacer algunas inferencias en relación con el supuesto desplazamiento. Para el cinturón precámbrico de Oaxaca, que se considera unido al Complejo Acatlán desde el Paleozoico, sí se ha interpretado una continuidad con los cuerpos correlacionables ubicados en el noreste de México y con la Faja Grenville de Norteamérica (Fries *et al.*, 1962); sin embargo, las localidades precámbricas se encuentran aisladas y su distanciamiento da un amplio margen para otras configuraciones.

En las reconstrucciones paleogeográficas internas para el Terreno Mixteca presentadas anteriormente, se muestran, para el Jurásico, conexiones marinas hacia el sur y suroeste con porciones emergidas hacia el norte. La aparente terminación de los cuerpos marinos hacia el norte no guarda una clara correspondencia con la situación estratigráfica en el Estado de Hidalgo y el norte de Puebla, en donde han sido documentadas secuencias marinas del Jurásico Superior y del Liásico (Segestrom, 1962; Carrillo Bravo, 1963), pero estos no son tampoco elementos decisivos para favorecer la interpretación de una discontinuidad lateral mesozoica. Hacia posiciones más occidentales del borde septentrional de la Faja Volcánica Mexicana no existen grupos de secuencias que guarden similitud con las del Jurásico Superior y Neocomiano del Terreno Mixteca; por el contrario, en la porción norte de Michoacán existen secuencias volcanosedimentarias, atribuidas al intervalo Jurásico Superior-Cretácico Inferior, y afectadas por numerosos cuerpos plutónicos del Cretácico (Campos Madrigal, 1984).

La naturaleza casi totalmente sedimentaria de la secuencia del Jurásico y Cretácico en el Terreno Mixteca y su composición excluyen la posibilidad de una relación de proximidad con algún arco magmático asociado a un límite convergente de placas, como se ha interpretado para gran parte del occidente de México (Campa y Coney, 1983). Solo los cuerpos volcánicos de Olinalá (Ignimbrita Las Lluvias) y del área de San Juan Diquiyú podrían manifestar, para tiempos anteriores al Jurásico Medio, la proximidad con un dominio tectónico de esta naturaleza. Para la composición estratigráfica del Jurásico y Cretácico en el Terreno Mixteca, es más factible pensar, en términos de la tectónica de placas, en la vecindad de una margen continental pasiva.

En general, no se puede hacer referencia a rasgos geológicos específicos que permitan sustentar la idea de un desplazamiento lateral significativo durante el Jurásico para la zona de la actual Faja Volcánica Trans-Mexicana. Es muy probable que el emplazamiento de los terrenos Mixteca y Oaxaca, en su posición actual, haya ocurrido como parte de un bloque continental mayor debido a la acción de una o varias fallas laterales ubicadas en el norte del país, pero con trazas que permitieran cambios significativos en la paleolatitud. La existencia de fallas regionales en esta posición haría innecesarios los intentos de buscar similitudes petrológicas y estratigráficas del Terreno Mixteca con gran parte de la margen occidental de México.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto sobre Estudios Paleomagnéticos de los Terrenos del Sur de México apoyado parcialmente por CONACYT. Se agradecen comentarios y discusiones sobre diversos aspectos de este trabajo con C. Caballero Miranda, Z. de Cserna, I. Ferrusquía Villafranca, L. Delgado Argote, F. Ortega Gutiérrez, M. Ruiz Castellanos y G. E. G. Westermann. Es un placer también el agradecer la colaboración de E. Cabral Cano, J. Camacho Lara, Z. Jurado Chichay, B. Ortega Guerrero, M. Santoyo, S. Campos y A. Díaz.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, T. H. and V. A. SCHMIDT, 1983. The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 947-966.
- BECK, M. E., Jr., 1980. Paleomagnetic record of plate margin tectonic processes along the western edge of North America. *J. Geophys. Res.*, 85, 7115-7131.
- BÖHNEL, H., 1985. Palaeomagnetische Untersuchungen am jurassischen bis quartären Gesteinen aus Zentral- und Süd-Mexiko. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Universität Münster. 235 pp.
- BUFLER, R. T. and D. S. SAWYER, 1985. Distribution of crust and early history, Gulf of Mexico basin. *Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans.*, 35, 333-344.
- BULLARD, E. C., J. E. EVERTT and A. G. SMITH, 1965. The fit of continents around the Atlantic. In: P. M. S. Blackett, E. C. Bullard and S. K. Runcorn (Eds.), A Symposium on Continental Drift. *Roy. Soc. London Phyl. M. A.*, 258, 41-51.
- BUITRON, B. E., 1970. Equinoides del Jurásico Superior y del Cretácico Inferior de Tlaxiaco, Oaxaca. *Soc. Geol. Mex., Exc. México-Oaxaca, Libro-guía*, 154-163.
- BURCKHARDT, C., 1927. Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero. *Bol. Inst. Geol., UNAM*, 47, 106 pp.
- BURCKHARDT, C., 1930. Etude Synthétique sur le Mésozoïque mexicain. *Soc. Paléont. Suisse, Mém.*, 49-80, 280 pp.
- CAMPA, M. F. y J. RAMIREZ, 1979. La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. Univ. Autón. Guerrero, Serie Técnico Científica, Núm. 1, 100 pp.
- CAMPA, M. F. and P. J. CONEY, 1983. Tectono-stratigraphic terrenès and mineral resources distribution in México. *Can. J. Earth Sci.*, 26, 1040-1051.

- CAMPOS-MADRIGAL, E., 1984. Estudio geológico regional del área de Valle de Bravo-Tzitzio, Estados de México y Michoacán. Tesis Ing. Geol. Fac. Ing., UNAM, México.
- CAREY, S. W., 1958. The tectonic approach to continental drift. *In*: S. W. Carey (Ed.), Continental drift. A symposium. Hobart, Tasmania, Univ. Tasmania, 177-358.
- CARFANTAN, J. C., 1983. Les ensembles géologiques du Mexique Meridional. Evolution géodynamique durant le Mésozoïque et le Cénozoïque. *Geofis. Int.*, 22, 9-38.
- CARRASCO, R., 1981. Geología jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca. Tesis Maestría Ciencias (Geol.), Fac. Ciencias, UNAM, 105 pp. 15 láms.
- CARRILLO-BRAVO, J., 1965. Estudio de una parte del Anticlinario de Huayacocotla. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.*, 73-96.
- COHEN, K. K., T. H. ANDERSON and V. SCHMIDT, 1986. A paleomagnetic test of the proposed Mojave-Sonora Megashear in Northwestern Mexico. *Tectonophysics*, 131, 23-51.
- CONEY, P. J., 1983. Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. *Rev. Inst. Mex. Petróleo*, 15(1), 6-15.
- CSERNA, Z. de, 1970. Mesozoic sedimentation, magmatic activity and deformation in northern Mexico. *In*: K. Sewald y D. Sundeen. The tectonic framework of the Chihuahua tectonic belt. *West Texas Geol. Soc.*, 99-117.
- CSERNA, Z. de, 1976. Mexico: Geotectonics and mineral deposits, New Mexico. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 6, 18-25.
- CSERNA, Z. de, F. ORTEGA-GUTIERREZ y M. PALACIOS-NIETO, 1980. Reconocimiento geológico de la parte central de la cuenca del Alto Río Balsas, estados de Guerrero y Puebla, Libro-Guía, Exc. Geol. III Reunión Nal. Geotec. Geoterm., México, pp. 1-40.
- DEMAREST, H. H., Jr., 1983. Error analysis for the determination of tectonic rotation from paleomagnetic data. *J. Geophys. Res.*, 88, 4321-4328.
- ERBEN, H. K., 1956a. El Jurásico Inferior de México y sus amonitas. 20o. Congr. Geol. Internal., México, 393 pp.
- ERBEN, H. K., 1956b. El Jurásico Medio y el Calloviano de México. 20o. Congr. Geol. Internal., México, 139 pp.
- FELIX, J., 1891. Versteinerungen aus der Mexikanischen Jura und Kreideformation. *Paleontographica*, 37, 140-199.

- FELIX, J. und H. LENK, 1899. Beiträge zur Geologie und Paleontologie der Republik Mexiko. Stuttgart Schweizerbart, Pt. 1, 1890, 144 pp; Pt. 2 (1899), 252 pp; Pt. 3 (1891) 210 pp.
- FERRUSQUIA-VILLAFRANCA, I., 1976. Estudios geológico-paleontológicos en la región Mixteca. *Bol. Inst. Geol., UNAM*, 97, 160 pp.
- FERRUSQUIA-VILLAFRANCA, I. y O. COMAS-RODRIGUEZ, 1987. Reptiles marinos mesozoicos en el sureste de México y su significación geológica-paleontológica. *Rev. Inst. Geol., UNAM* (en prensa).
- FLORES, T., 1909. Datos para la geología del Estado de Oaxaca. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 5, 107-128.
- FREELAND, G. L. and R. S. DIETZ, 1971. Plate Tectonic evolution of Caribbean-Gulf of Mexico region. *Nature*, 232, 20-23.
- FRIES, C. Jr., 1960. Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central-meridional de México. *Bol. Inst. Geol., UNAM*, 60, 236 pp.
- FRIES, C., Jr., E. SCHMITTER, P. E. DAMON y D. E. LIVINGSTON, 1962. Rocas precámbricas de edad grenvilliana de la parte central de Oaxaca en el sur de México. *Bol. Inst. Geol., UNAM*, 64, 45-53.
- FRIES, C., Jr. y O. RINCON-ORTA, 1965. Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronología del Instituto de Geología. *Bol. Inst. Geol., UNAM*, 73, 57-133.
- GONZALEZ-ARREOLA, C. y O. COMAS-RODRIGUEZ, 1981. Una nueva localidad del Cretácico Inferior (Neocomiano) en el estado de Oaxaca. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 42, 69-80.
- GONZALEZ-TORRES, E., 1988. Geología y paleomagnetismo de la región de Tezoatlán, Oaxaca. Tesis Ing. Geol., Fac. Ing., UNAM (inédita).
- GOSE, W. A., R. C. BELCHER and G. R. SCOTT, 1982. Paleomagnetic results from northeastern Mexico. *Geology*, 10, 50-54.
- HALPERN, M. J., J. GUERRERO-GARCIA and M. RUIZ-CASTELLANOS, 1974. Rb-Sr dates of igneous and metamorphic rocks from southeastern central Mexico. *Un. Geofís. Mex.*, Reunión Anual 1974, Resúmenes, 30-32.
- IMLAY, R. W., 1980. Jurassic paleogeography of the conterminus United States in its continental setting. *Geol. Surv. Prof. Paper*, 1062, 125 pp.
- IRVING, E., 1979. Paleopoles and paleolatitudes of North America and speculations about displaced terrains. *Can. J. Earth Sci.*, 16, 669-694.
- IRVING, E. and C. A. IRVING, 1982. Apparent wander paths Carboniferous through Cenozoic and the assembly of Gondwana. *Geophys. Surv.*, 5, 141-188.

- JURADO-CHICHAY, Z., 1988. Paleomagnetismo del sistema Cretácico, región de Teposcolula, Oaxaca, México. Tesis Geol. Mar., Univ. Baja Calif Sur, 148 pp.
- LADD, J. W., 1976. Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, 969-976.
- LOPEZ-RAMOS, E., 1979. Geología de México. Ed. escolar, México.
- MacDONALD, W. D., 1980. Net tectonic rotation, apparent tectonic rotation and the structural tilt correction in paleomagnetic studies. *J. Geophys. Res.*, 85, 3659-3669.
- MAY, S. R. and R. F. BUTTLER, 1986. North American apparent polar wander path: Implications for motion, paleogeography and Cordilleran tectonics. *J. Geophys. Res.*, 95, 11519-11544.
- MORAN-ZENTENO, D. J., 1987. Paleogeografía y paleomagnetismo precenozoicos del terreno Mixteco. Tesis Maestría en Ciencias (Geología), UNAM, 175 pp.
- MOREL, P. and E. IRVING, 1981. Paleomagnetism and the evolution of Pangea. *J. Geophys. Res.*, 86, 1858-1872.
- MURRAY, G. E., 1956. Relationships of paleozoic structures to large anomalies of coastal elements of eastern North America. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 6, 13-24.
- MURRAY, G. E., 1961. Geology of the Atlantic and Gulf coastal province of North America, New York, Harper and Row. 692 p.
- OCHOTERENA, H., 1966. Amonitas del Jurásico Medio de México. II. *Intrapatoce- ras gen. nov. P.*, *Paleont. Mexicana*, 23, 18 pp.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1975. The Pre-Mesozoic geology of the Acatlán area, south Mexico. Ph. D. Thesis, Univ. Leeds, U. K.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1978. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca. *Rev. Inst. Geol.*, 2(2), 112-131.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1981. Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance. *Geofís. Int.*, 20 (3), 177-202.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1984. La evolución tectónica premississípica del sur de México. *Rev. Inst. Geol.*, 5(2), 140-157.
- PILGER, R. H., 1978. A closed Gulf of Mexico, pre-Atlantic Ocean plate reconstruction and the early rift history of the Gulf of Mexico and North Atlantic, Gulf Coast Assoc., Geol. Soc. Trans., 28, 385-393.
- RUIZ-CASTELLANOS, M., 1979. Rubidium-strontium geochronology of the Oaxaca and Acatlán metamorphic areas of southern Mexico. Ph. D. Thesis, Univ. Texas at Dallas, USA, 178 p.

- SALINAS-PRIETO, J. C., 1984. Los límites tectónicos sur y occidental del terreno Mixteco. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 55, 7-19.
- SCOTESE, C., R. K. BAMBACH, C. BARTON, R. VAN DER VOO and A. M. ZIEGLER, 1979. Paleozoic base maps. *J. Geol.*, 87, 217-277.
- SEGESTROM, K., 1962. Geology of South-central Hidalgo and Northeastern Mexico, Mexico. *Geol. Surv. Bull. 1104-C*, 162 pp.
- SILVER, L. T. and T. H. ANDERSON, 1974. Possible left lateral early to middle Mesozoic disruption of the southwestern North American craton margin. *Geol. Soc. Am. Abstr. Progr.*, 6, 995.
- TAYLOR, D. G., J. H. CALLOMON, R. HALL, P. L. SMITH, H. W. TIPPER and G. E. G. WESTERMANN, 1984. Jurassic ammonite biogeography of western North America; the tectonic implications. In: G. E. G. Westermann (Ed.), *Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America*. Geol. Assoc. Canada, Sp. Paper 27, 121-141.
- TREVIÑO-RODRIGUEZ, A. T., 1986. Investigaciones magnetoestratigráficas y paleomagnéticas de la Formación Morelos, Estado de Guerrero, México. Tesis Maestría, Fac. Ing., UNAM, 95 pp.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., 1980. Palaeomagnetic studies of Mexican rocks, Ph. D. Thesis, Univ. Newcastle upon Tyne, U. K., 689 pp.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., 1981. Reconnaissance paleomagnetic investigation of Cretaceous limestones from Southern Mexico. *Geofís. Int.*, 20, (3), 203-218.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., 1984. On the tectonic evolution of Mexico: Paleomagnetic constraints. *Geodynamic Series*, 12, 29-47.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., 1988. Paleomagnetic study of the Cretaceous Morelos Formation, Guerrero State, southern Mexico. *Tectonophysics*, 147, 121-125.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J. and R. VAN DER VOO, 1983. Reconnaissance paleomagnetic study of Cretaceous limestones from Southern Mexico. *EOS (Trans. Am. Geophys. Union)*, 64 (18), 220.
- URRUTIA-FUCUGAUCHI, J., D. J. MORAN-ZENTENC and E. CABRAL-CANO, 1987. Paleomagnetism and tectonics of Mexico. *Geofís. Int.*, 26, 3, 429-458.
- VAN DER VOO, R., and R. B. FRENCH, 1974. Apparent polar wander for the Atlantic-bordering continents: Late Carboniferous to Eocene. *Earth Sci. Rev.*, 10, 99-119.
- VAN DER VOO, R., E. J. MAUK and R. B. FRENCH, 1976. Permian-Triassic continental configuration and the origin of the Gulf of Mexico. *Geology*, 4, 177-180.

- WALPER, J. L., 1980. Tectonic evolution of the Gulf of Mexico. *In: The Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean*, Louisiana State Univ., 87-88.
- WALPER, J. L. and C. L. ROWETT, 1972. Plate tectonics and the origin of the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Gulf Coast Assoc., Soc. Trans.*, 22, 105-116.
- WESTERMANN, G. E. G., R. CORONA and R. CARRASCO, 1984. The andean Mid-Jurassic *Neuquenicer* ammonite assemblage of Cualac, Mexico. *In: G. E. G. Westerman (Ed.), Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America. Geol. Assoc. Canada, Sp. Paper*, 27, 99-112.
- WIELAND, G. R., 1913. The Liassic flora of the Mixteca Alta of Mexico, its composition, age and source. *Amer. Jour. Sci.*, 36, 251-281.
- WIELAND, G. R., 1914. La flora liásica de la Mixteca alta. *Bol. Inst. Geol. México*, 31, 165 pp.