

0893

Paleomagnetismo y sus implicaciones con el origen y evolución  
del Golfo de México.

MARIA GUADALUPE BOCANEGRA NORIEGA

T E S I S

Presentada a la división de Estudios de  
Posgrado de la

FACULTAD DE INGENIERIA

de la  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

como requisito para obtener  
el grado de

MAESTRO EN INGENIERIA  
(Exploración)

CIUDAD UNIVERSITARIA  
1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

EL PALEOMAGNETISMO Y SUS IMPLICACIONES CON EL ORIGEN Y EVOLUCION  
DEL GOLFO DE MEXICO.

Créditos asignados a la tesis 10 (diez)  
letra y número

APROBADO POR EL JURADO:

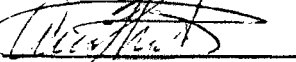
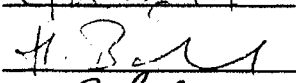
Presidente: Dr. J. Urrutia Fucugauchi

Vocal: Dr. Harald Bohnel

Secretario: Dr. R. Padilla y Sanchez

Suplente: M en C Juan M. Brandi P.

Suplente: M en C A. L. Martin del P.





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

Profr. Jaime Urrutia Fucugauchi  
P r e s e n t e

Comunico a usted que a propuesta del Subjefe del área de  
Recursos del subsuelo ha sido designado  
como director de tesis del alumno(a) María Guadalupe Bocane-  
gra Noriega para obtener el grado de  
M en I en Exploración.

Mucho he de agradecerle su comunicación, por escrito, de la  
aceptación a esta designación y el nombre de la tesis a de-  
sarrollar.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Gd. Universitaria a 17 de septiembre de 1985.  
EL JEFE DE LA DIVISION

  
DR. GABRIEL ECHAVEZ ALDAPE

E.5.1

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), institución que le otorgó una beca gracias a la cual pudo realizar esta Maestría. Asimismo, agradece las valiosas sugerencias y comentarios proporcionados por las siguientes personas en la realización de esta tesis: Juan Marcos Brandi Purata, Ricardo Padilla y Sánchez, Guillermo C. Domínguez Vargas, Juan Berlanga Gutierrez, Mario Ruiz Castellanos, María del Refugio Oliva Olvera, y particularmente a Alfredo Fausto Treviño Rodríguez de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería.

Al Instituto de Geofísica y en especial a Jaime Urrutia Fucugauchi, quien asesoró y dirigió esta tesis, a Harald Böhnel por sus acertadas correcciones, a Ana Lilian Martín del Pozzo por sus consejos y apoyo, a Dante Jaime Moran Zenteno por sus comentarios geológicos del área, a Enrique Cabral Cano, Jorge Camacho Lara, Alberto Negrete, Eduardo Escanero, Victoria Carrillo, Silvia González Huesca, José Guadalupe Rosas Elguera, Zin Zuni Jurado, Cecilia Caballero, Luis Alva Valdivia, Damaso Contreras Tobar, Luis Ramírez Cruz, y al Laboratorio de Paleomagnetismo, por haber permitido el uso de sus instalaciones.

Gracias

A MIS PADRES, HERMANOS Y SOBRINOS  
PARTICULARMENTE TERESA, JOSE MAURICIO, Y JOSE  
JUAN QUE NO SE QUEDEN A MITAD DE CAMINO,  
ALCANCEN SUS METAS GRACIAS POR EXISTIR Y SOBRE  
TODO POR EL INTERVALO DE TIEMPO QUE  
COMPARTIMOS.

## R E S U M E N

En este estudio se presenta un resumen y discusión de modelos sobre el origen y evolución del Golfo de México. Con objeto de sintetizar la información se ha preparado un resumen gráfico de paleoreconstrucciones de esta área, incluyendo las paleoreconstrucciones para los continentes alrededor del Atlántico y que constituyen el marco paleogeográfico de referencia y tablas cronológicas para algunos de los eventos principales en la historia del Golfo y áreas adyacentes. A continuación se presenta un breve análisis de la información geofísica-geológica del Golfo, incluyendo sismología, gravimetría, magneometría, distribución de la sal, arrecifes y carbonatos, y paleomagnetismo. Considerando que el paleomagnetismo proporciona evidencias sobre paleogeografía y movimientos tectónicos, se hace un análisis de los datos paleomagnéticos de México, Centroamérica, región norte de América del Sur y Caribe. Un aspecto importante de este trabajo, es el reporte de datos nuevos paleomagnéticos para una secuencia de lechos rojos del Jurásico de la región de Matías Romero, Oaxaca. Los resultados de este estudio sugieren una aparente estabilidad tectónica para esta región y restringen posibles movimientos a aquellos W-E a lo largo de paleoparalelos.

# C O N T E N I D O

pagina

## RESUMEN

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	MODELOS DE ORIGEN Y EVOLUCION DEL GOLFO DE MEXICO.....	6
II.1	Paleoreconstrucciones de los continentes alrededor del Oceano Atlántico.....	6
II.1.a	Base de las paleoreconstrucciones.....	6
II.1.b	Principales paleoreconstrucciones de los continentes alrededor del Oceano Atlántico.....	15
II.2	Discusión.....	17
III.	CARACTERISTICAS GENERALES DEL GOLFO DE MEXICO.....	21
III.1	Introducción.....	21
III.2	Distribución de la sal.....	21
III.3	Provincias fisiográficas.....	23
III.3.a	Provincias de Carbonatos.....	25
III.3.a.1	Plataforma de Florida.....	25
III.3.a.2	Plataforma de Yucatán.....	27
III.3.a.3	Talud continental.....	27
III.3.b	Provincias de Terrigenos.....	28
III.3.b.1	Cono y Delta del Mississippi.....	28
III.3.b.2	Terraza continental Norte.....	28
III.3.b.3	Terraza Continental Oeste.....	30
III.3.b.4	Terraza Continental Sur.....	31
III.4	Magnetometria.....	31



III.5	Gravimetria.....	33
III.6	Sismología.....	35
III.7	Discusión.....	37
IV	PALEOMAGNETISMO EN AREAS ADYACENTES AL GOLFO DE MEXICO Y MAR CARIBE.....	39
IV.1	Componentes del campo magnético.....	39
IV.2	Variación del Campo Geomagnético.....	41
IV.3	Datos paleomagnéticos.....	42
IV.3.a	Datos paleomagnéticos y sus implicaciones con la evolución tectónica de México.....	44
IV.3.b	Selección de datos-método.....	45
IV.4	Discusión.....	46
IV.4.a	Norte de Colombia.....	49
IV.4.b	Costa Rica.....	51
IV.4.c	Nicaragua.....	51
IV.4.d	Honduras.....	51
IV.4.e	México.....	52
U.	ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE UNA SECUENCIA DE LECHOS ROJOS TRIASICO-JURASICO DEL AREA DE MATIAS ROMERO, ESTADO DE OAXACA, SUR DE MEXICO.....	60
U.1	Introducción.....	60
U.2	Estratigrafía de la Formación Todos Santos.....	60
U.2.a	Definición.....	60
U.2.b	Distribución.....	60
U.2.c	Litología y espesor.....	62
U.2.d	Relaciones estratigráficas.....	64
U.2.e	Facies y ambientes de depósito.....	65

V.2.f	Edad y correlación.....	65
V.3	Trabajo de campo y de laboratorio.....	65
V.4	Resultados paleomagnéticos.....	67
V.5	Discusión.....	75
VI	CONCLUSIONES.....	91
	BIBLIOGRAFIA.....	94

## F I G U R A S

- Figura II.1 Paleoreconstrucciones de los continentes (Pangea) alrededor del Océano Atlántico acompañadas de una breve descripción de los principales argumentos y evidencias según cada autor.
- Figura II.2 Principales grupos de paleoreconstrucciones de los continentes, en el área del Golfo de México.
- Figura III.1 Plano batimétrico del Golfo de México.
- Figura III.2 Distribución de la sal en el Golfo de México.
- Figura III.3 Distribución de arrecifes en el Golfo de México.
- Figura III.4 Provincias fisiográficas del Golfo de México.
- Figura III.5 Plano de anomalías magnéticas del Golfo de México.
- Figura III.6 Plano de anomalías de Bouguer del Golfo de México.
- Figura III.7 Esquematzación del tipo de corteza del Golfo de México.
- Figura IV.1 Representación esquemática de resultados paleomagnéticos para el norte de Colombia, Costa Rica, Honduras, Nicaragua, y México. Las declinaciones observadas (línea gruesa) y las declinaciones esperadas (línea delgada). Las inclinaciones se ilustran como diferencias entre la observada y esperada.
- Figura IV.2 Representación esquemática de los efectos de traslación tectónica en los resultados paleomagnéticos (declinaciones e inclinaciones).

Figura IV.3 Representación esquemática de los efectos de rotación tectónica en los resultados paleomagnéticos (declinaciones e inclinaciones).

Figura V.1 Plano geológico del área de Matías Romero.

Figura V.2 Plano de relación estratigráfica de la Formación Todos Santos.

Figuras V.3 a V.7 Diagramas con las componentes X, Y, y Z.

Figuras V.8 a V.10 Representación esquemática de algunos especímenes piloto en proceso de desmagnetización (intensidad remanente normalizada vs campos alternos).

Figura V.11 Proyección estereográfica de las direcciones medias referidas al horizonte actual (sitios 1 a 10).

Figura V.12 Proyección estereográfica de las direcciones medias con corrección estructural (sitios 1 a 10).

Figura V.13 Proyección estereográfica de las posiciones polares medias (sitios 1 a 10).

Figura V.14 Proyección estereográfica de las direcciones medias con corrección estructural (especímenes piloto).

Figura V.15 Proyección estereográfica de las direcciones medias sin corrección estructural.

Figura V.16 Paleoposiciones para el Triásico-Jurásico del sur de México.

#### T A B L A S

Tabla II.1 Geocronología de los eventos que estuvieron asociados al Golfo de México.

Tabla IV.1 Direcciones paleomagnéticas esperadas y observadas del norte de Colombia, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, y México.

Tabla V.1 Tabla de correlación estratigráfica de la Formación Todos Santos.

Tabla V.2 Direcciones paleomagnéticas observadas y esperadas. Cálculo de parámetros estadísticos.

## A N E X O S

Anexo IV.1 Fundamentos matematicos de Paleomagnetismo

Anexo U.1 Proyección estereográfica de las direcciones medias referidas al horizonte actual de cada sitio.

Anexo U.2 Proyección estereográfica de las direcciones medias con corrección estructural de los especímenes piloto.

Anexo U.3 Proyección estereográfica de las direcciones medias sin corrección estructural.

Anexo U.5 Direcciones paleomagnéticas observada y esperada (paleodirección y polo) de los sitios 1 a 10.

El origen y evolución del Golfo de México y áreas adyacentes constituye uno de los problemas más interesantes y difíciles de resolver en el contexto de las teorías de deriva continental, dispersión de los fondos oceánicos y tectónica de placas. Para explicar su origen y evolución se han propuesto una gran variedad de ideas y modelos. El problema es complejo y en su estudio es necesario recurrir a investigaciones de muy diversas disciplinas (por ejemplo: sismología, gravimetría, magnetometría, paleomagnetismo, geomorfología, geoquímica, estratigrafía, sedimentología y tectónica). Ello, aunado a la gran cantidad de información disponible, ocasiona que las síntesis y discusiones regionales sean particularmente difíciles de lograr. Estos estudios por otro lado han enfatizado la necesidad de contar con mucha más información sobre, por ejemplo: las rocas de basamento de las regiones que bordean al Golfo de México y Mar Caribe, el carácter de las anomalías magnéticas marinas, datos paleomagnéticos para México, Centroamérica e islas del Caribe, edad y distribución de la sal en el Golfo y áreas adyacentes, etc.

En este trabajo y como una contribución al estudio del origen y evolución del Golfo de México, se incluyen los siguientes aspectos:

- 1) Considerando que la evolución del Golfo de México y Mar Caribe ha estado asociada a la evolución tectónica de los continentes de Norteamérica, Sudamérica y África, su posición en el supercontinente Pangea y su subsecuente deriva, se ha realizado una revisión de las paleoreconstrucciones para los continentes a fines del Paleozoico. Esta síntesis y una breve discusión se presentan en el capítulo II.1 (Bocanegra-Noriega et al., 1985).
- 2) A partir de las paleoreconstrucciones de Pangea, que involucran diferentes grados de traslape en el área de México y Centroamérica, se tienen varios modelos tectónicos para el origen y evolución del Golfo. En el capítulo II.2 se incluye un resumen y discusión de estos modelos. Estos se han dividido en: "estáticos" y "movilistas" y los "movilistas", a su vez, se dividen en "macrobloques" y "microbloques".

La información incluida en este capítulo se presenta, en forma gráfica lo que facilita la comparación de los modelos. Además de las diferencias geométricas se prepararon tablas para la cronología de eventos principales de acuerdo a los diferentes modelos analizados. La discusión en este capítulo se restringe a un breve análisis de los modelos, en que se contrastan las diferencias geométricas y temporales y se enfatiza la necesidad de contar con más información

paleogeogràfica, tectònica y estratigràfica (Bocanegra-Noriega et al., 1986).

- 3) La mayoría de los modelos propuestos estan basados en consideraciones geométricas e incorporan sólo parcialmente las características geológico-geofísicas del Golfo y de las áreas continentales adyacentes. Con objeto de evaluar los diferentes modelos se considerò conveniente el realizar una compilación de datos geofísicos y geológicos sobre el Golfo de México (Bocanegra-Noriega et al., 1986), la cual se incluye en el capitulo III. La información revisada incluye fisiografía distribución de la sal, arrecifes y carbonatos, sismología, gravimetría, magnetometría, etc. Dada la gran cantidad de información reportada, este resumen no puede considerarse completo y solo se ha pretendido resaltar algunas de las características principales del Golfo y algunas de las dificultades encontradas en los distintos estudios. Respecto a estas últimas se tienen, por ejemplo, los problemas para documentar el registro magnético del Golfo y detectar (o demostrar su ausencia) las anomalías magnéticas características de procesos de dispersión del fondo oceánico.

La incorporación de la información geológica de las regiones que bordean al Golfo y Caribe es indispensable

para el estudio del origen y evolución de la región y para el desarrollo de esquemas de evolución cuantitativos, cinemáticos y dinámicos. En este trabajo no se ha realizado un análisis de esta información. Trabajos recientes en que se han incorporado estudios paleogeográficos y geológicos se tienen en Padilla y Sanchez (1982, 1986), Pindell y Dewey (1982) y Pindell (1985).

- 4) Los datos paleomagnéticos, al proporcionar información cuantitativa sobre coordenadas paleogeográficas y sobre movimientos tectónicos relativos, puede permitir el documentar las historias del conjunto de elementos tectónicos que conforman las regiones adyacentes al Golfo de México y Mar Caribe. En el capítulo IV, se presenta una síntesis y discusión de los resultados paleomagnéticos disponibles para México, América Central, las Antillas Menores y la porción Norte de América del Sur (Bocanegra-Noriega et al., 1986). Los datos son aún insuficientes para obtener la interpretación regional detallada de los aparentemente distintos elementos tectónicos que conforman la región. El método paleomagnético posee sin embargo el potencial para proveer el marco paleogeográfico para los continentes de Norteamérica, Sudamérica y Africa y para los bloques o elementos tectónicos que constituyen las áreas que bordean al Golfo de México y Mar Caribe



(Urrutia et al., 1986; Bocanegra-Noriega et al., 1986).

- 5) En el capítulo V se reportan resultados paleomagnéticos nuevos para una secuencia de lechos rojos de la Formación Todos Santos, del área de Matías Romero, Estado de Oaxaca, en la región del Istmo de Tehuantepec.
- 6) Finalmente, en el capítulo VI se incluyen algunos comentarios sobre los capítulos anteriores y una discusión general sobre el origen y evolución del Golfo de México.

## II. MODELOS DE ORIGEN Y EVOLUCION DEL GOLFO DE MEXICO

El Golfo de México es una de las cuencas más estudiadas del mundo. Aún así su origen y evolución no son totalmente comprendidos.

La existencia de un número considerable de modelos sobre su origen y evolución imponen la necesidad de contar con una recopilación de la información de los modelos, con la finalidad de estudiarlos y clasificarlos.

### II.1 PALEORECONSTRUCCIONES DE LOS CONTINENTES ALREDEDOR DEL OCEANO ATLANTICO.

Debido al desacuerdo existente en los autores al proponer teorías sobre la evolución del Golfo de México, es necesaria la esquematización y estructuración de los principales eventos relacionados con la apertura del Golfo.

#### II.1.a Base de las Paleoreconstrucciones

La esquematización del punto de partida de las paleoreconstrucciones, según cada autor y una breve descripción de los principales argumentos y evidencias, son necesarias para poder llevar a cabo una estructuración lógica de los datos más importantes que cada autor maneja (Figura II.1), siendo posible observar que no todas las

paleoreconstrucciones están basadas en los mismos argumentos y evidencias. Por ejemplo Wegener (1929), al proponer su paleoreconstrucción de "Pangea", se basó en determinadas evidencias (Figura II.1a); mientras que para Carey (1958) es posible explicar la existencia de Pangea mediante la teoría de la expansión de la tierra (Figura II.1a). Ahora bien, al considerar las teorías del conjunto estático observamos que para Belousov (1960) el Golfo se formó por procesos de basificación (Figura II.1b). En tanto que para Freeland y Dietz (1971), lo mismo que para Carey (1958) y para otros autores el Golfo de México estuvo ocupado por microbloques (Yucatán, Nicaragua, Honduras, etc.).

En un contexto más generalizado dentro del conjunto de moviilistas se observa la existencia de dos grandes grupos:

- a) Los que explican la evolución del Golfo de México por medio de macrobloques (Wegener, 1929; Walper y Rowett, 1972;.....Morel e Irving, 1980; Figura II.1a-g)
- b) Los que explican la evolución de la cuenca con microbloques (desde Carey, 1958, hasta Padilla y Sánchez, 1986; Figura II.1a-g).

Las edades de los principales eventos que estuvieron asociados a la formación del Golfo de México varían para un mismo evento (Tabla II.1). Por ejemplo, la edad de la

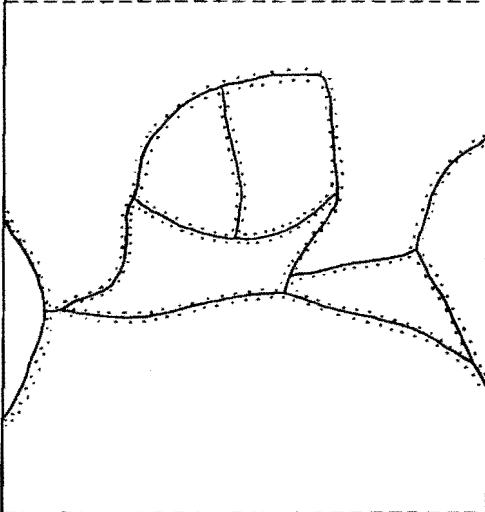
FIGURA II.1

LOS SIGUIENTES ESQUEMAS QUE SE PRESENTAN A CONTINUACION SON EL PUNTO DE PARTIDA EN QUE CADA AUTOR SE BASO PARA SU MODELO DE EVOLUCION. ESTOS ESQUEMAS SON ACOMPAÑADOS DE UNA BREVE DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES ARGUMENTOS Y EVIDENCIAS SEGUN CADA AUTOR.



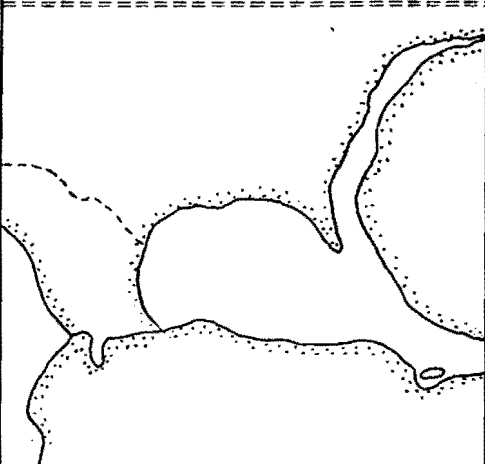
Wegener (1929)

- 1) Similitud de las líneas de costa.
- 2) Correlación de indicadores paleoclimáticos.
- 3) Correlación de fósiles.
- 4) Argumentos geofísicos; la existencia de una capa fluida bajo los continentes.
- 5) Correlación de diversas estructuras entre América del Norte y África.



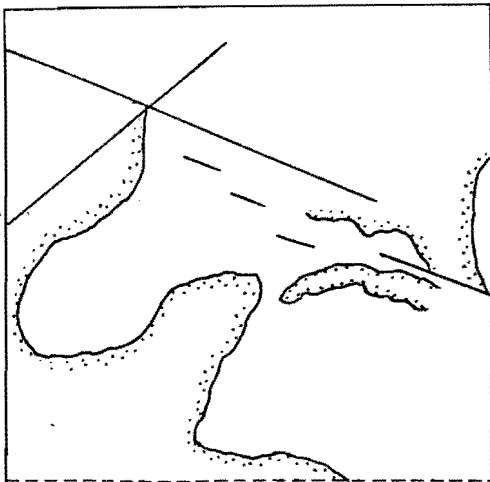
Carey (1958)

- 1) Proyecciones estereográficas hacia diversos centros sobre la superficie terrestre.
- 2) Si la dispersión en las zonas de rift son validas; la superficie del planeta se ha incrementado.
- 3) Solo Antártida no se ha movido del Polo Sur.
- 4) En un experimento de laboratorio, un balón al incrementar su superficie cada polígono del balón crece.
- 5) La asimetría de la tierra es normal en la expansión.



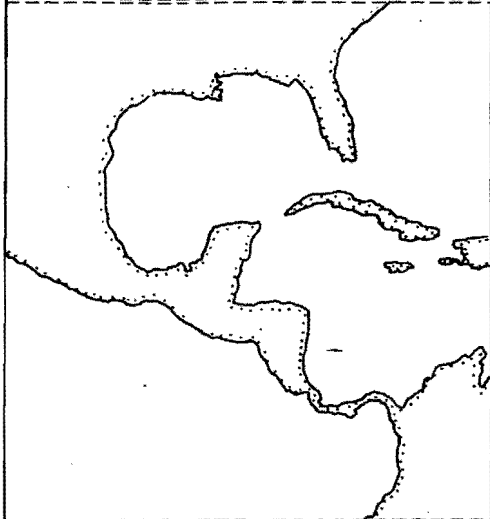
Bullard et al (1965)

- 1) Datos de la Oficina Hidrológica de E.U. (1961).
- 2) Groenlandia y Eurasia: 500fm de isobatas, mejor polo, de rotación lat.73.0 , long.-96 y mejor ángulo 22 .
- 3) África y América del Norte: 5500 fm de isobatas, mejor polo de rotación: lat.67.6 long.-14 , y mejor ángulo de rotación -74.8
- 4) África y Arabia: 500 fm de isobatas, lat.44 long.-30.6 , y mejor ángulo de 57 .



Tanner (1965)

- 1) Lineamiento St. Lawrence-New Madrid-Texas con orientación N 50 E.
- 2) Lineamiento Amarillo-Wichita-Arbuckle con orientación N 70 W.
- 3) Velocidad de América del Norte al Artico es de aproximadamente de 1 cm/año.



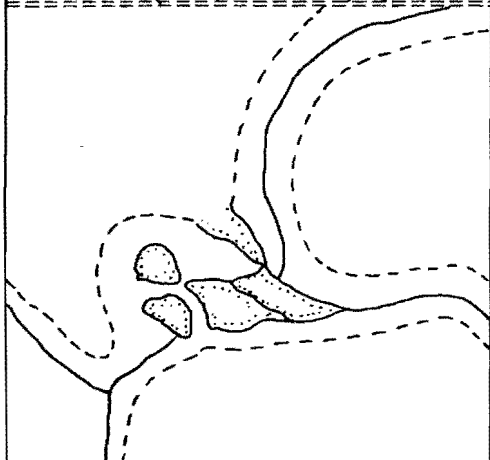
Belousov (1960)

- 1) El Golfo de México se formó por procesos de oceanificación (basificación).



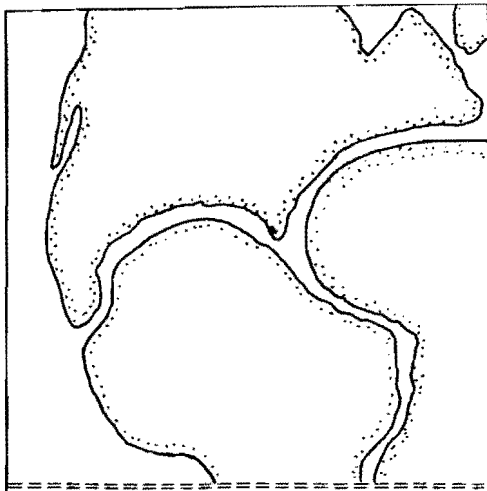
Dietz y Holden (1970)

- 1) Correlación de márgenes continentales a 1000 fathom.
- 2) Inclusión de nuevas ideas (dispersión del piso oceánico y Tectónica de Placas).
- 3) Datos paleomagnéticos.



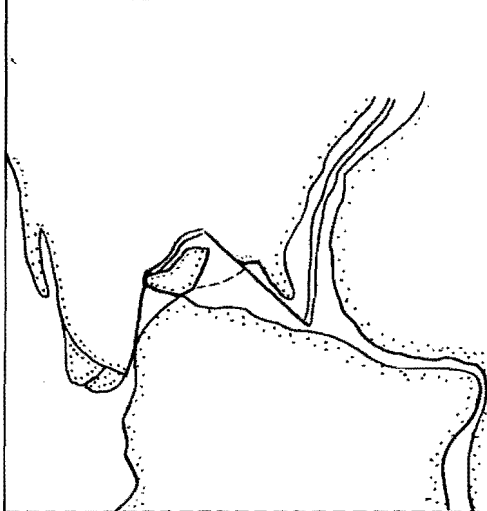
Freeland y Dietz (1971)

- 1) Yucatán, Honduras-Nicaragua y Oaxaca, tienen basamento pre-Mesozoico.
- 2) La margen de la cuenca para el Jurásico Medio.
- 3) Lechos rojos que representan cuencas tafrogénicas asociadas a Yucatán-Nicaragua.



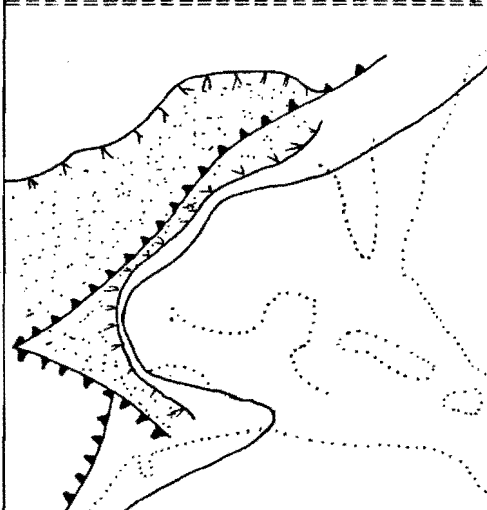
Walper y Rowett (1972)

- 1) Orogenias Taconiana, Acadiana y Hercyniana.
- 2) Cinturones orogénicos Ouachita Marathon.
- 3) Megashears de Wichita y Teaxas.
- 4) Continuidades Paleozoicas observables en el sur Apalachiano, Ouachita y Marathon.



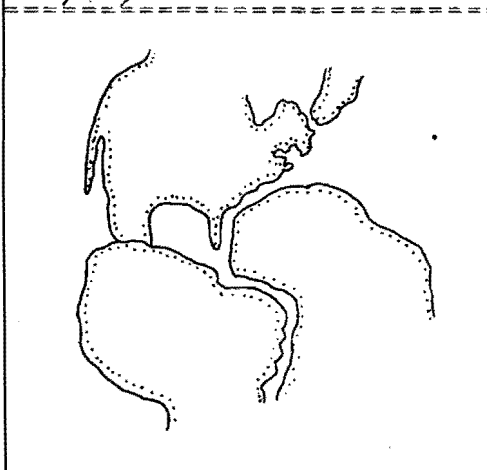
Moore y del Castillo (1974)

- 1) Las anomalias magnéticas y gravimétricas del sureste de México, son similares a las del esparcimiento oceánico.
- 2) Palinomorfos Jurásicos de los Knolls de Sigsbee.
- 3) La refracción sísmica sugiere un cinturón de domos salinos al sur del Golfo de México, descansando sobre halita (2.2 gr/cm<sup>3</sup>).
- 4) Lechos rojos Triásico del Noreste de México correlacionables con el Grupo Newark.



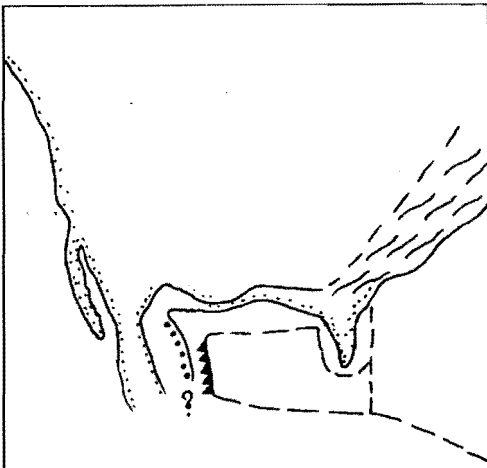
Morris (1974)

- 1) Sedimentos Ordovícicos y Missisípicos de Ouachita (arenas carbonatadas, cuarzo y arenas de grano fino).
- 2) 12,250 metros de arenas turbidíticas, lodos negros e intercalados "wild flysch" y cenizas.



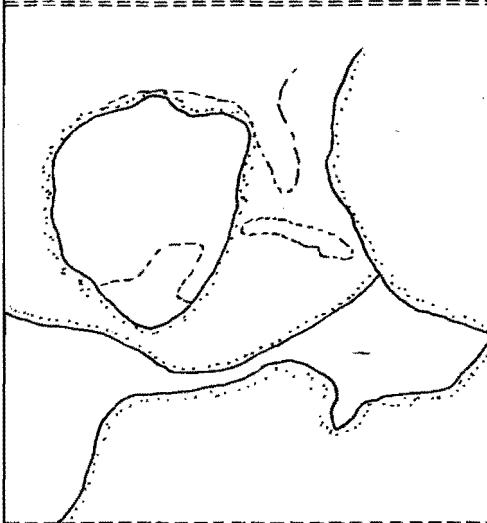
Shurhat y Cebull (1975)

- 1) Anomalías magnéticas al sureste de la Planicie de Sigsbee, causadas por cuerpos geológicos de gran escala.
- 2) Presencia de 5 km de rocas sedimentarias bajo la sal en la Planicie de Sigsbee.
- 3) Glauconita-siltstone de uno de los Sigsbee Knoll datados con K-Ar dan edad de 318 ± 10 ma
- 4) Mediciones gravimétricas y sísmicas, indican gran relleno de sedimentos.



Helwing (1975)

- 1) El sur Apalachiano incluye "Ridges" y "Furrows" con superposición de arcos magmáticos y cinturones altamente metamorfizados y formación de napas.
- 2) La parte frontal del sistema Ouachita es un pericratón alóctono y con delgados sedimentos pre-Carbonífero y gruesos "flysch" Carboníferos.



Uchupi (1975)

- 1) Distribución de estructuras de "rift" en América (Triásico Tardío-Jurásico Temprano).



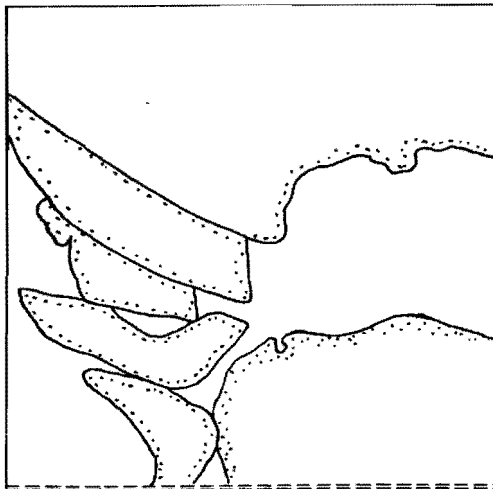
Ladd (1976)

- 1) Pitman y Talwani determinan una secuencia finita de diferentes polos de movimiento relativo de América del Norte respecto de América del Sur de 180 ma a 0 ma.
- 2) Análisis similar de Ladd de América del Sur respecto a África desde 127 ma al Presente.
- 3) Análisis de anomalías magnéticas.



Van der Voo, Mauk y French (1976)

- 1) Similitud tectónica del noreste de América del Sur y sur de América del Norte para el Permo-Pensilvánico.
- 2) Alineamientos de los cinturones orogénicos pre-Mesozoicos, al oeste de África y sur de América del Norte.
- 3) El Cinturón Pan-Africano Rokelide con cubierta Paleozoica descansa en un basamento Precámbrico.



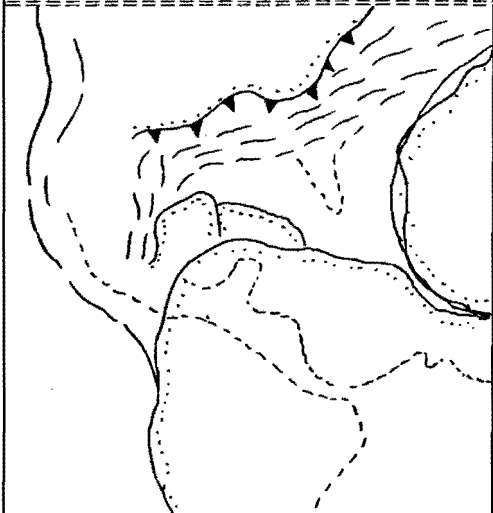
Pilger (1978)

- 1) Correlación entre los terrenos pre y Hercynianos de Africa y el sur Apalachiano.
- 2) Similitud de historia Triásica entre las costas del Golfo de México y Atlántico.
- 3) Fallamiento lateral izquierdo entre México y América Central.
- 4) Líneas de costas de cuencas triásicas.
- 5) Datos paleomagnéticos que ponen a Gondwana mas al norte de Laurasia en el Paleozoico Tardío y Mesozoico Temprano.



Buffler, Watkins, Shaub y Worzel (1980)

- 1) Una corteza transicional (15-20 km.) bajo el sur del Golfo de México.
- 2) La parte superior de esta contiene cuencas en "rift".
- 3) Una gran discontinuidad trunca la corteza transicional.
- 4) Corteza oceánica bajo el centro del Golfo de México.
- 5) Un gran basamento se encuentra entre la corteza oceánica y transicional.
- 6) Una gran sección de sal sobre la corteza transicional.



Dickinson y Coney (1980)

- 1) Evidencias Mesozoicas o Cenozoicas de fallas inverzas y cabalgaduras alrededor del Golfo de México.



Gose, Scott y Swartz (1980)

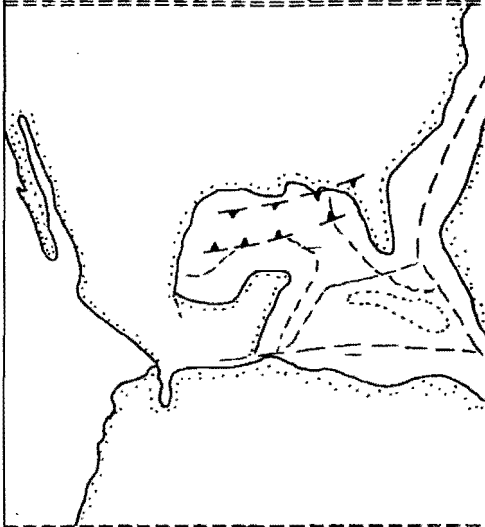
- 1) El basamento de Honduras al menos es Paleozoico.
- 2) La edad de la F. El Tambor es de 710 ma.
- 3) Datos paleomagnéticos (Istmo de Tehantepec, México, Precámbricos; Falla de Motagua, Guatemala, Grupo Santa Rosa, Permo-Carbonífero; F. El Plan, Honduras, Triásico; Complejo Nicoya y Costa Rica Cretácico Tardío).





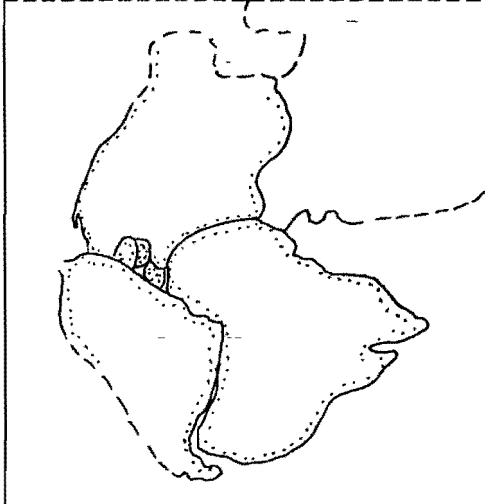
Morel e Irving (1980)

- 1) Datos paleomagnéticos de rocas Permo-Carboníferas y Triásicas, para los continentes de América del Norte, América del Sur, África y Europa.
- 2) Ausencia de corteza oceánica Paleozoica en el Cinturón Alpide.



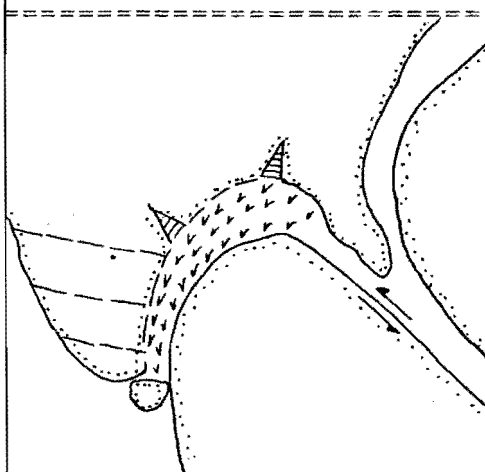
Salvador y Green (1980)

- 1) Lechos rojos, sedimentos fluviales y rocas ígneas del Triásico Tardío.
- 2) Graben que cruza el norte del Golfo de México con dirección este-noreste al oeste-sureste.
- 3) Sistema de fallas laterales este-oeste al norte de Nicaragua.
- 4) Forma de la línea de costa de Nicaragua y su crecimiento al oeste del sur de México.



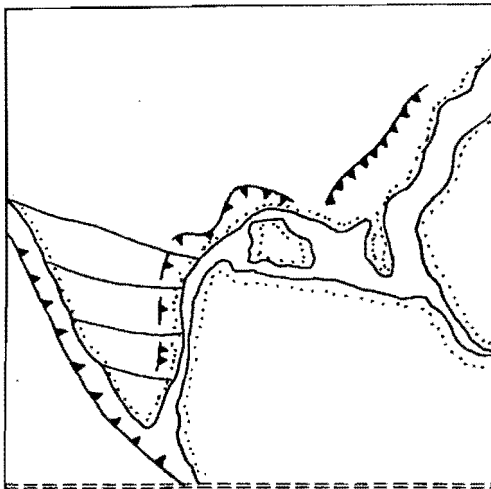
Schmidt-Effing (1980)

- 1) Sedimentos Sinemuriáanos de aproximadamente 1500 m (arcillas y arenas).
- 2) El Grupo Huayacocotla, fué influenciado predominantemente por condiciones marinas.



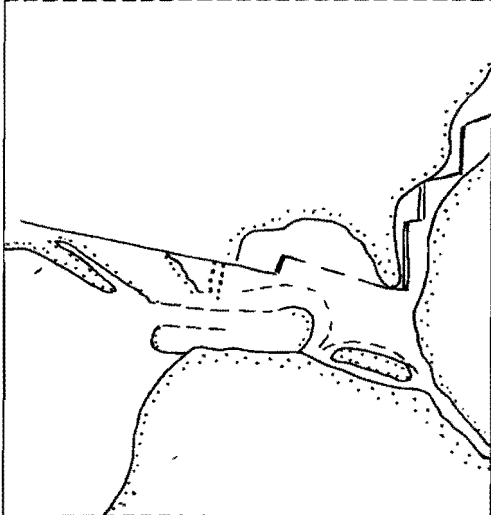
Walper (1980)

- 1) Depósitos salinos en dos cuencas separadas la Istmo-Campeche-Sigsbee al sur y norte del Golfo.
- 2) Los grabenes Triásicos alrededor del Golfo tienen depósitos de terrígenos clásticos, algunas veces asociados con flujos basálticos.



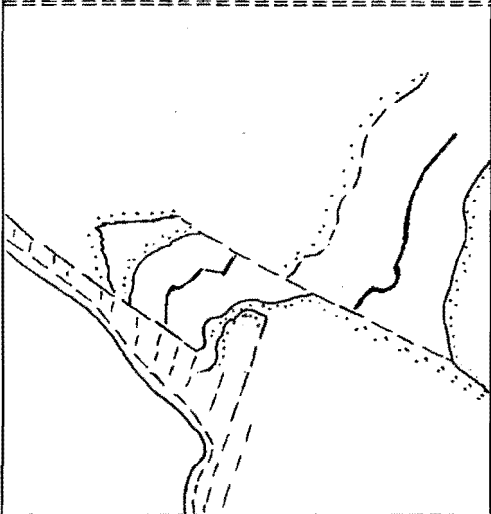
Pindel y Dewey (1982)

- 1) Correlación paleontológica Paleozoica entre Africa y Florida.
- 2) Zonas de Fractura entre Africa y América del Norte.
- 3) Vulcanoclastos Missisipicos que pueden representar arcos Permo-Carboníferos.



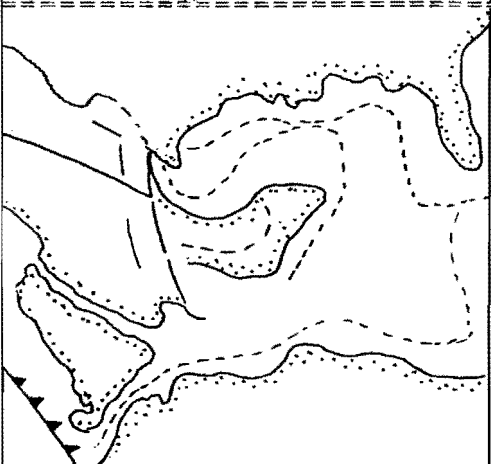
Coney (1983)

- 1) Al noreste de México, en Sonora y Chihuahua es el único lugar en el cual se encuentra un basamento Precámbrico autóctono del Cratón de América del Norte.
- 2) El terreno Caborca es un fragmento de América del Norte con un basamento Precámbrico.
- 3) Los terrenos de Coahuila y Maya del Paleozoico Superior y el Terreno Sierra Madre con basamento Precámbrico y cubierta Paleozoica.
- 4) Terrenos: Guerrero, Alisitos, Juárez.



Anderson y Schmidt (1983)

- 1) La existencia de los megashear Mojave-Sonora, el eje Neovolcánico, y la zona de cizalla Motagua-Polochic.
- 2) Tres microplacas (Yaqui, Maya y Chortis).



Padilla y Sanchez (1985)

- 1) Varias Fallas sinistralas de transcurrancia orientadas al noroeste.
- 2) Falla dextral transcurrente (Falla Tamaulipas-Oaxaca orientada N-NW, a lo largo de la cual el Bloque Yucatán se movió hacia el sur.

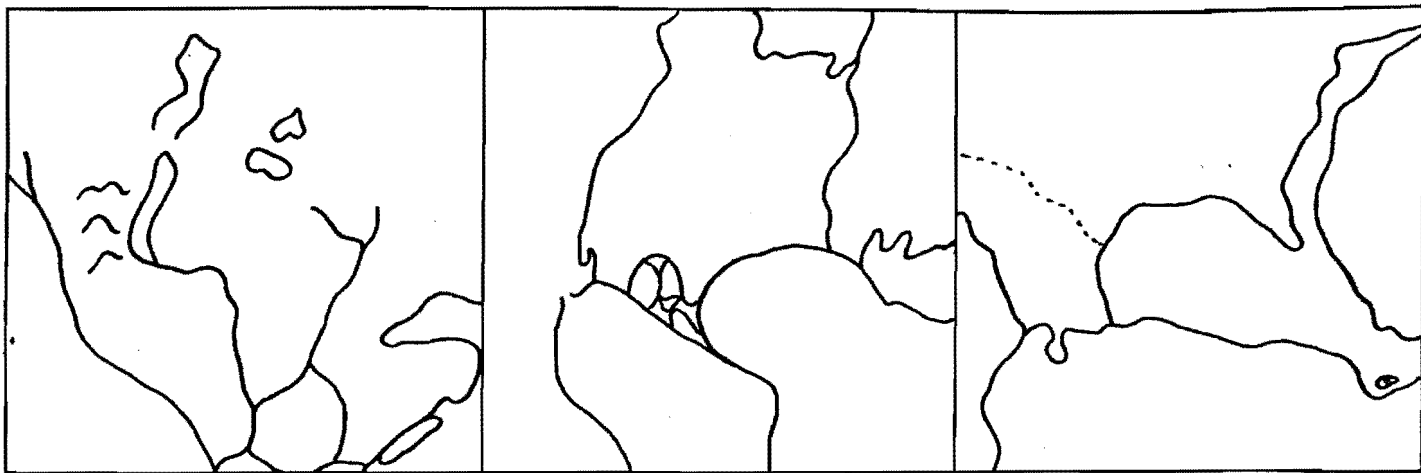
reconstrucción de Pangea 2 varia desde el Pérmico hasta el Triásico, la edad de la formación del Atlántico Norte varia desde el Jurásico hasta el Triásico, y la edad de la formación del Golfo de México fluctúa desde el Pérmico hasta el Jurásico-Cretácico. Siendo posible observar fuertes fluctuaciones cronológicas de acuerdo al criterio de cada autor.

#### II.1.b Principales Paleoreconstrucciones de los Continentes Alrededor del Océano Atlántico

De acuerdo a la gran cantidad de modelos propuestos y en vista de que estos muestran ciertas tendencias de similitud en el marco tectónico global (América del Norte, América del Sur, y Africa,) se procedió a agruparlos (Figuras II.2).

En 1958, Carey propuso la primera paleoreconstrucción en la cual el Golfo de México esta ocupado por pequeños bloques (Yucatán, Bahamas, Nicaragua-Honduras y Antillas). Posteriormente otros autores (Dietz y Holden, 1970; Freeland y Dietz, 1971; Moore y del Castillo, 1974; Dickinson y Coney, 1980; Schmidt-Effing, 1980; Pindell, 1985; Padilla y Sánchez, 1986) utilizaron paleoreconstrucciones en las cuales la característica en común es que el área del Golfo de México esta ocupada con microbloques (Figuras II.2, II.1b.c.e.f.g).

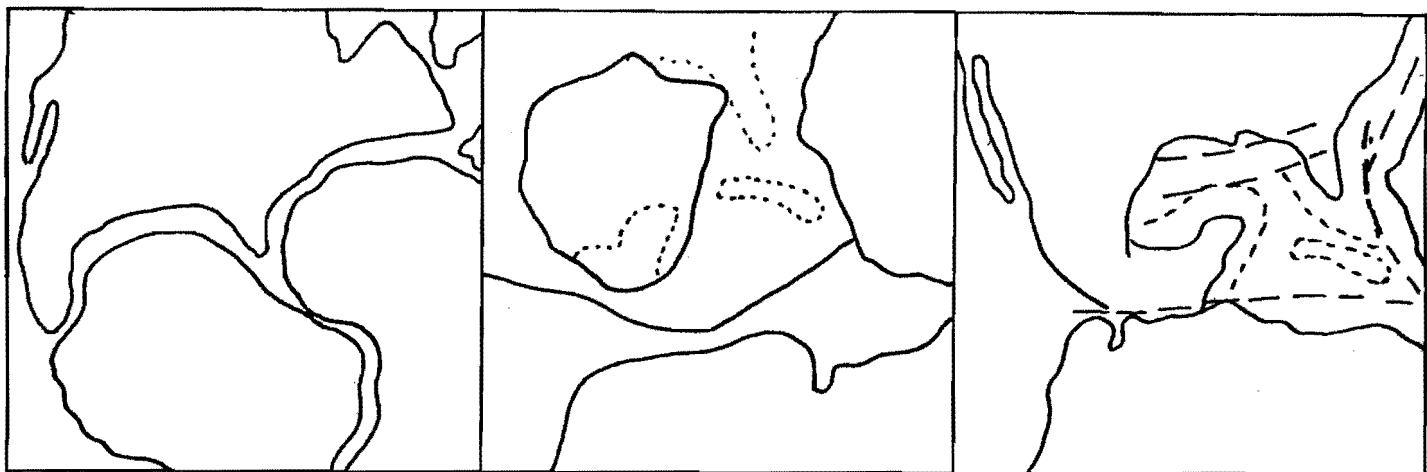
En 1965, Bullard y colaboradores proponen en su



Wegener, 1929

Carey, 1958  
 Dietz y Holden, 1970  
 Freeland y Dietz, 1971  
 Moore y Del Castillo, 1974  
 Dickinson y Coney, 1980  
 Schmidt y Effing, 1980

Bullard et al., 1965  
 Shurbet y Cebull, 1975  
 Ladd, 1976  
 Bufler et al., 1980  
 Morel e Irving, 1980  
 Anderson y Schmidt, 1983



Walper y Rowett, 1972  
 Morris, 1974  
 Helwing, 1975  
 Van der Voo et al., 1976  
 Pilger, 1978  
 Gose et al., 1980  
 Walper, 1980  
 Pindell y Dewey, 1982  
 Coney, 1983

Belousov, 1968  
 Uchupi, 1975

Salvador y Green, 1980

FIGURA 11.2 SE MUESTRAN LAS PRINCIPALES RECONSTRUCCIONES DE LOS CONTINENTES ALREDEDOR DEL ATLANTICO, LAS CUALES SON LAS PRINCIPALES CORRIENTES EN QUE SE HAN BASADO LA MAYORIA DE LOS AUTORES.

paleoreconstrucción del Golfo de México, que por lo menos el sureste de México y parte del Golfo no existían debido a la sobreposición de América del Sur con América del Norte. Posteriormente y con algunas variantes otros autores (Shurbet y Cebull, 1975; Ladd, 1976; Anderson y Schmidt, 1983) propusieron modelos semejantes (Figuras II.2, II.1c.d. g). En 1972, Walper y Rowett son los primeros en sugerir una paleoreconstrucción en la que sitúan la parte norte de América del Sur con el sur de América del Norte y el noreste de México. Siendo la primera reconstrucción en la cual México es desplazado hacia el oeste. Algún tiempo más tarde otras paleoreconstrucciones con esta misma característica en común fueron propuestas (Morris, 1974; Van der Voo et al., 1976; Pilger, 1978; Walper, 1980; Pindell y Dewey, 1982; y Coney, 1983; Figuras II.2, II.1b.c.d.f).

En 1980, Salvador y Green proponen una paleoreconstrucción para el Golfo en la cual, sitúan a América del Sur al sur del sureste de México a la altura de la falla Motagua-Polochic, dejando espacio suficiente para que sea ocupado por México y el Golfo de México (Figuras II.2, II.1f).

## II.2 DISCUSION

Este capítulo se refiere a un tema controversial y

difícil ya que diferentes autores, basándose en evidencias, suposiciones y cierto sentimiento, han fabricado teorías y modelos sobre el origen y evolución del Golfo de México, como si fuese una carrera con diferentes puntos de partida pero con una misma meta.

Existen principalmente dos grandes grupos (estáticos y moviilistas) que han tratado de explicar el origen y evolución del Golfo de México.

El grupo estático asume que el subsuelo del Golfo de México ha sido corteza oceánica desde, al menos, el Jurásico Tardío y posiblemente desde el Mississípico Tardío-Pensilvánico. Esta corteza se originó debido a oceanificación (basificación) de la corteza continental. Para que esta se transforme en oceánica no es indispensable el contacto continente-oceano, sino que puede ocurrir continente adentro, tal como suponen que sucedió en el Golfo de México (Belousov, 1960).

El grupo moviilista acepta los conceptos de Tectónica Global y sugieren que el origen y evolución del Golfo de México es debido a grandes movimientos horizontales entre placas litosféricas.

Es posible visualizar las grandes diferencias entre un determinado modelo de evolución y otros modelos (Carey, 1958; Salvador y Green, 1980; Walper y Rowett, 1972, etc., ver Figura II.1). Al agruparlos vemos que existen grupos en los que la forma geométrica de los macrobloques (Norteamérica, Sudamérica, Africa y Asia) y microbloques

PRINCIPALES EVENTOS:  AUTORES:	Rompimiento de Pangea 1.	Reconstruc- ción de Pangea 2.	Rompimiento de Pangea 2.	Formación del Atlántico Norte	Formación del Golfo de México	Formación del Atlántico Sur	Formación del Caribe
Wegener, 1929 Carey, 1958 Belousov, 1960 Bullard et al., 1965 Tanner, 1965 Dietz y Holden, 1970 Freeland y Dietz, 1971 Walper y Rowett 1972 Moore y del Castillo, 1974 Morris, 1974 Shurbert y Cebull, 1975 Helwig, 1975 Uchupi, 1975 Ladd, 1976 Van der Voo et al, 1976 Pilger, 1978 Buffler et al., 1980 Dickinson y Coney, 1980 Gose et al., 1980 Morel e Irving, 1980 Salvador y Green; 1980 Schmid y Effing, 1980 Walper, 1980 Pindell y Dewey, 1982 Anderson y Schmidt, 1983 Coney, 1983	Precambrico                Perm. Tar.	Carb. Tar.    Pérmico Triá. Tar. Paleozoico  Silurico  Permico Paleozoico  Paleo. Tar. Meso. Tem. Triásico Triásico  Triásico Triásico  Triásico Triásico  Pensil. -Tar. Permo. -Triá. Triásico Pens. -Triá.	Jurásico    Paleo. - Meso. Triásico Triá. Tar.  Triá. Tar.  Mesozoico    Triásico    Triásico    Triásico    Triásico    Triásico Triá. Tem. Triásico  Triásico   Triá. Tem. 165 m.a. 175 m.a. Triá. -Jurá.	Formación del Atlántico Norte                Triásico Triá. Tar. Triá. Tar.  Mesozoico    Triá. -Jurá. Jurá. Tem.    Kim. -Thito.	Eoceno Paleo. -Tar.    Triásico Triá. Tar. Triá. Tar. Mesozoico Mesozoico Triásico Paleozoico Paleozoico  Triá. Tem. Perm. -Triá. Mesozoico Triá. -Jurá. Jurá. Tar. Jurá. -Cretá.	Cretácico    Jurásico Jurá. Med.  Jurá. Tar.    Triá. -Jurá. Cretá. Tem.    Cretá. Tar.    Kim. -Thito.   Jurá. Med. 165 m.a. 165 m.a. 175-165m.a. T. Tar. -J. M.	Triá. Med.    Cretácico    Cretá. Tar.    Cretácico    125 m.a. Jurá. Med. Cretácico

TABLA II.1 Tiempo de formación de los principales eventos relacionados con la Formación del Golfo de México según cada autor.

(Yucatán, Honduras-Nicaragua, etc.) son las principales variantes (Wegener, 1929; Carey, 1958; Bullard et al., 1965; Walper y Rowett, 1972; Belousov, 1960; Salvador y Green, 1980, Figura II.2), desde cerrar completamente el Golfo de México (Walper y Rowett, 1972) hasta situarlo en su posición actual (Salvador y Green, 1980). Geocronológicamente (Tabla II.1) los autores tampoco se ponen de acuerdo, pues las edades de los eventos relacionados con el Golfo de México y la edad del Golfo mismo fluctúan.



### III. CARACTERISTICAS GENERALES DEL GOLFO DE MEXICO

#### III.1 INTRODUCCION

El Golfo de México es una cuenca oceánica rodeada por masas continentales (Ewing et al., 1955; Ewing et al., 1960; Antoine y Ewing, 1963) y conectada por el Estrecho de Florida al Océano Atlántico y por el Canal de Yucatán (entre Cuba y la Península de Yucatán) al Mar Caribe (Figura III.1).

El Golfo de México ha llamado la atención a investigadores, a causa de su complejidad. Algunos sugieren que fué un sitio ocupado por una masa continental que subsidó posteriormente a su presente profundidad (Belousov, 1960). Otros sugieren que es una cuenca oceánica permanente (Faine y Meyerhoff, 1970). Recientes investigaciones explican su evolución en un marco tectónico global proponiendo dispersión del piso oceánico

#### III.2 DISTRIBUCION DE LA SAL

El gran volúmen de la sal de edad Jurásico Medio-Tardío o más antigua (Kirkland y Gerhard, 1971), que se encuentra en las margenes y en la planicie de Sigsbee son de gran importancia para el entendimiento del desarrollo de esta cuenca (Figura II.1).

La sal se encuentra distribuida en: los diapiros

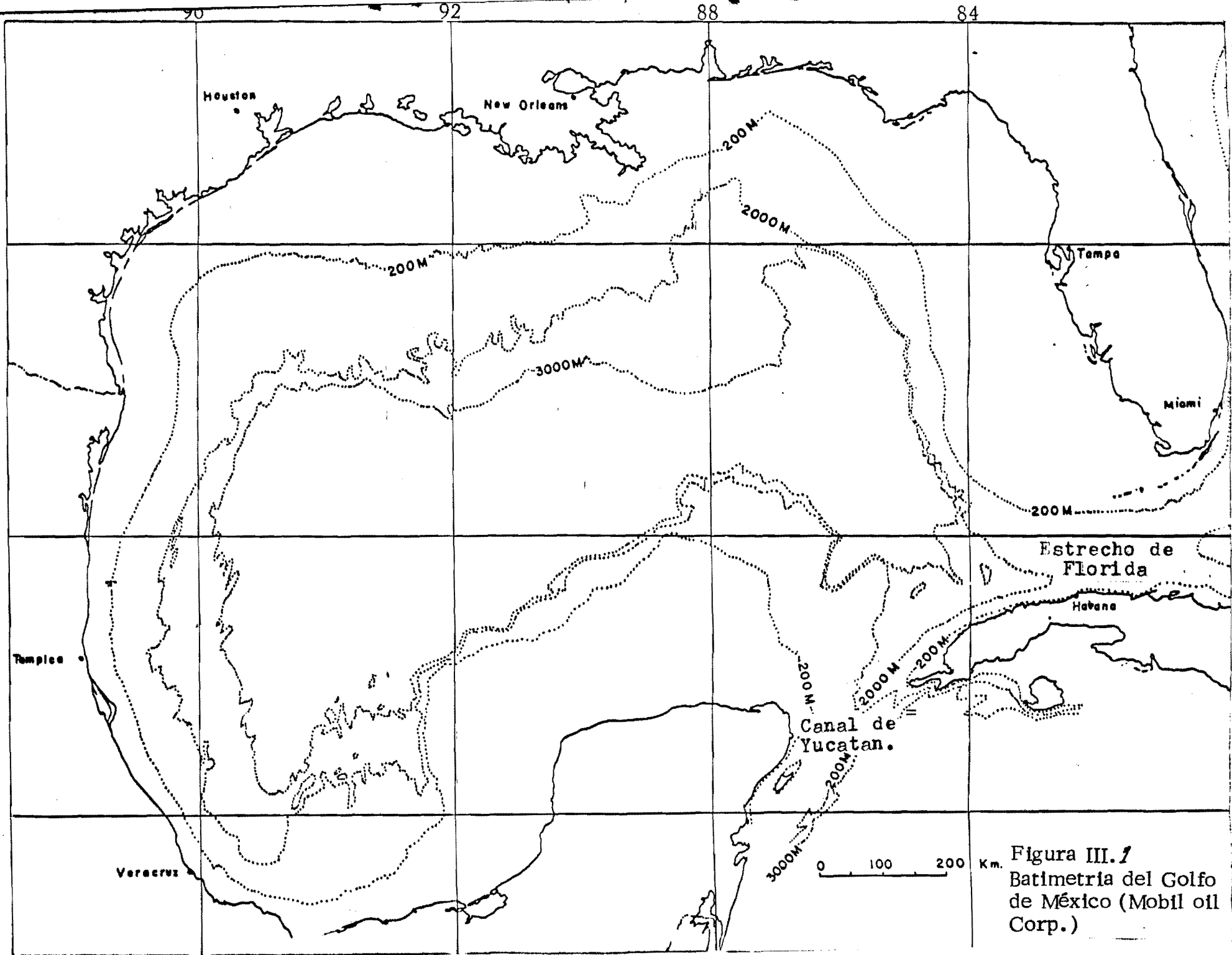


Figura III.1  
Batimetría del Golfo  
de México (Mobil oil  
Corp.)

salinos al norte y noroeste; los knolls y domos al suroeste del Escarpe de Campeche y los anticlinales salinos al oeste del Golfo de México (Figura II.2).

El Escarpe de Sigsbee es el límite de la sal en el norte del Golfo de México, que asemeja ser una expresión superficial de un frente salino (Lehner, 1969). La extensión de los domos y knolls de Sigsbee al norte indican migración de la sal del sur al norte (Antoine y Bryant, 1969).

Existen varias opciones para explicar la presencia de evaporitas en el Golfo de México.

a)-La sal fue depositada alrededor de las cuencas marginales (Viniegra, 1971; Antoine y Bryant, 1969).

b)-La sal se depositó originalmente en las márgenes habiendo migrado posteriormente al centro de la cuenca.

c)-La sal se depositó en una sola unidad, la que posteriormente se separó.

### III.3 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

Fisiográficamente el Golfo puede ser dividido en dos provincias de terrigenos al oeste y de carbonatos al este (Figura III.4) La provincia de terrigenos la constituyen, el Delta y Cono del Rio Mississippi, el noroeste y sur de las terrazas continentales y el Golfo abisal.

La provincia de carbonatos la constituyen, el Banco de Campeche y la Plataforma oeste de Florida (Figuras III.3,4).

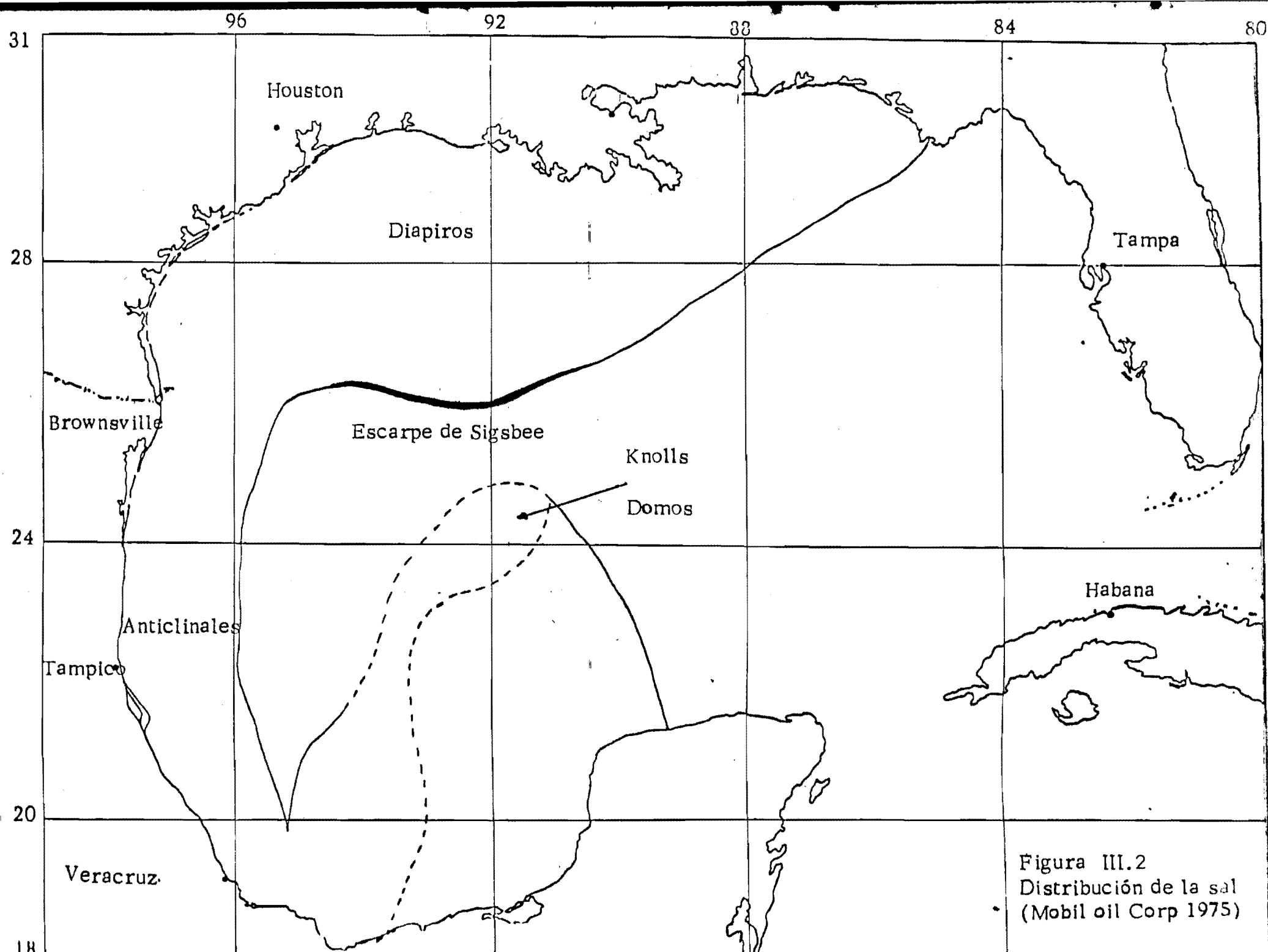


Figura III.2  
Distribución de la sal  
(Mobil oil Corp 1975)

La margen oriental de la provincia de terrígenos sobreyace parcialmente la Plataforma de carbonatos de Florida.

### III.3.a Provincia de Carbonatos

Las plataformas de Florida y Campeche están constituidas por un potente paquete sedimentario de carbonatos y evaporitas de edad Jurásico Tardío-Cenozoico que descansan sobre rocas Paleozoicas-Triásicas (Paine y Meyerhoff, 1970). Al norte de la plataforma de Florida el paquete de carbonatos es aproximadamente de 2 km gradando al noroeste a depósitos terrígenos. Al sur el paquete sedimentario de carbonatos y evaporitas es mayor de 11 km (Paine y Meyerhoff, 1970). La plataforma de Campeche está inclinada al oeste. En la parte occidental de la plataforma el paquete sedimentario es superior a 3 km de espesor.

#### III.3.a.1 Plataforma de Florida

La cima de la plataforma de Florida es la Bahía de Florida (menor de 3m de profundidad) la que está dividida por bancos lodosos y separada del mar abierto por los Cayos de Florida. La parte sur de los Cayos de Florida (Miami) están suprayacidas por el Cayo Limos Largo y al oeste por las Dolitas de Miami. Los limos son interpretados como una parte arrecifal que se formó a lado de un cinturón arrecifal de edad Cretácica. En la base norte de la plataforma existen numerosas huellas de antiguas líneas de costa que marcan el nivel del mar durante la transgresión del Holooceno (Uchupi, 1975). Asociados con las líneas de

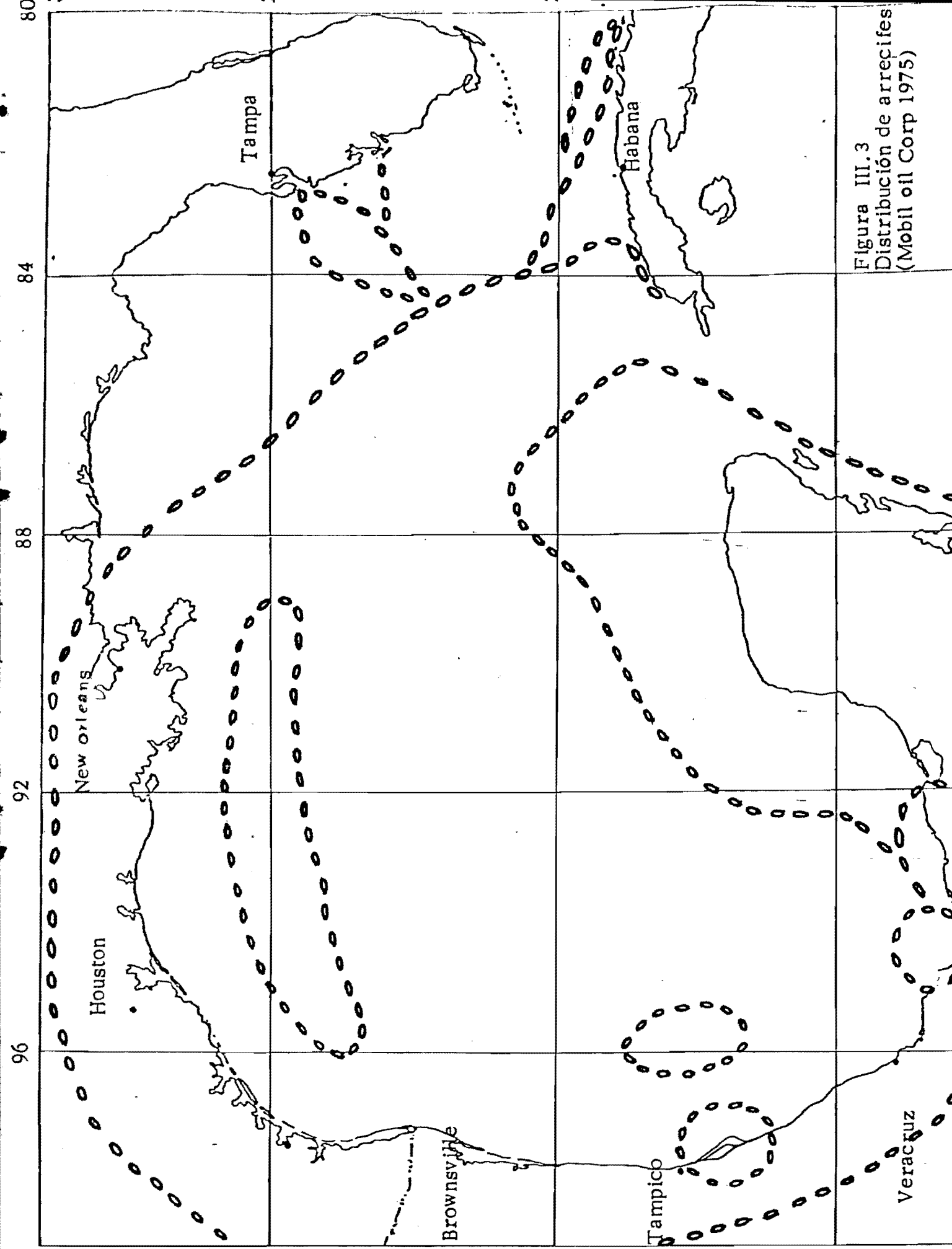


Figura III.3  
Distribución de arrecifes  
(Mobil oil Corp 1975)

costa se encuentran arrecifes algaceos relacionados a las disminuciones del nivel del mar durante el Pleistoceno y Holoceno Temprano (Figura III.3).

### III.3.a.2 Plataforma de Yucatán

El norte de la Plataforma de la Península de Yucatán consiste de dos zonas, una pendiente suavizada que termina a 60m y la otra que se extiende hasta la cima del talud (aprox 130m). Los rasgos erosionados de la base de las plataformas de Campeche y Florida son debidos a la transgresión del Holoceno.

### III.3.a.3 Talud Continental

El talud continental de las plataformas consiste de una parte cuya pendiente es suave y otra cuya pendiente es brusca.

El Escarpe de Florida (aprox 27 lat) al norte tiene una pendiente suave con tendencia al NW-SE. Hacia el sur el escarpe esta cortado por cañones y fallamiento controlado. El Escarpe de Campeche tiene tendencia N-S sobre el lado occidental de la plataforma; al norte el escarpe esta cortado por numerosos valles y depresiones. Las terrazas (89 y 90 30 W) son la porción baja de la parte superior del talud (Bergantino, 1971). En el lado oriental el escarpe esta cortado por numerosos valles (Catoche, Tonga, etc.).

Los perfiles sísmicos de reflexión muestran una secuencia de estratos (Terciarios) descansando discordantemente sobre depósitos arrecifales de plataforma

(Antoine et al., 1967; Antoine, 1972; Wilhelm y Ewing, 1972). Esta discordancia en la Plataforma de Florida (Mioceno a Cretácico) es el resultado de la Revolución Laramidica que causó levantamiento y erosión (Wilhelmy Ewing, 1972). Los arrecifes del Cretácico Tardío que bordean el Golfo de México son la consecuencia de las transgresiones (Figura III.3). Los arrecifes, Jordan Knoll y Golden Lane, al este de la Plataforma de Tamaulipas constituyen atolones aislados (Figura III.3). Al norte de Cuba otro grupo de arrecifes se extienden cruzando el Estrecho de Florida.

### III.3.b Provincia de Terrigenos

#### III.3.b.1 Cono y Delta del Mississippi

El oriente de la provincia de terrigenos la componen el Cono y Delta del Mississippi (Figura III.4) mismos que sobreyacen a la plataforma de carbonatos de Florida. El Delta y Cono son un paquete sedimentario que empezó a progradar hacia el borde de la plataforma (aprox 1000 km en el Cenozoico). Durante los últimos 6000 años, siete deltas se han desarrollado. Debido a la rápida progradación del delta moderno los depósitos de prodelta (diapiros de lodo) han migrado verticalmente, estos diapiros crecieron aproximadamente 130 m en forma vertical.

#### III.3.b.2 Terraza Continental Norte

El elemento estructural más importante de la Terraza continental Norte (Figura III.4) es el geosinclinal de la



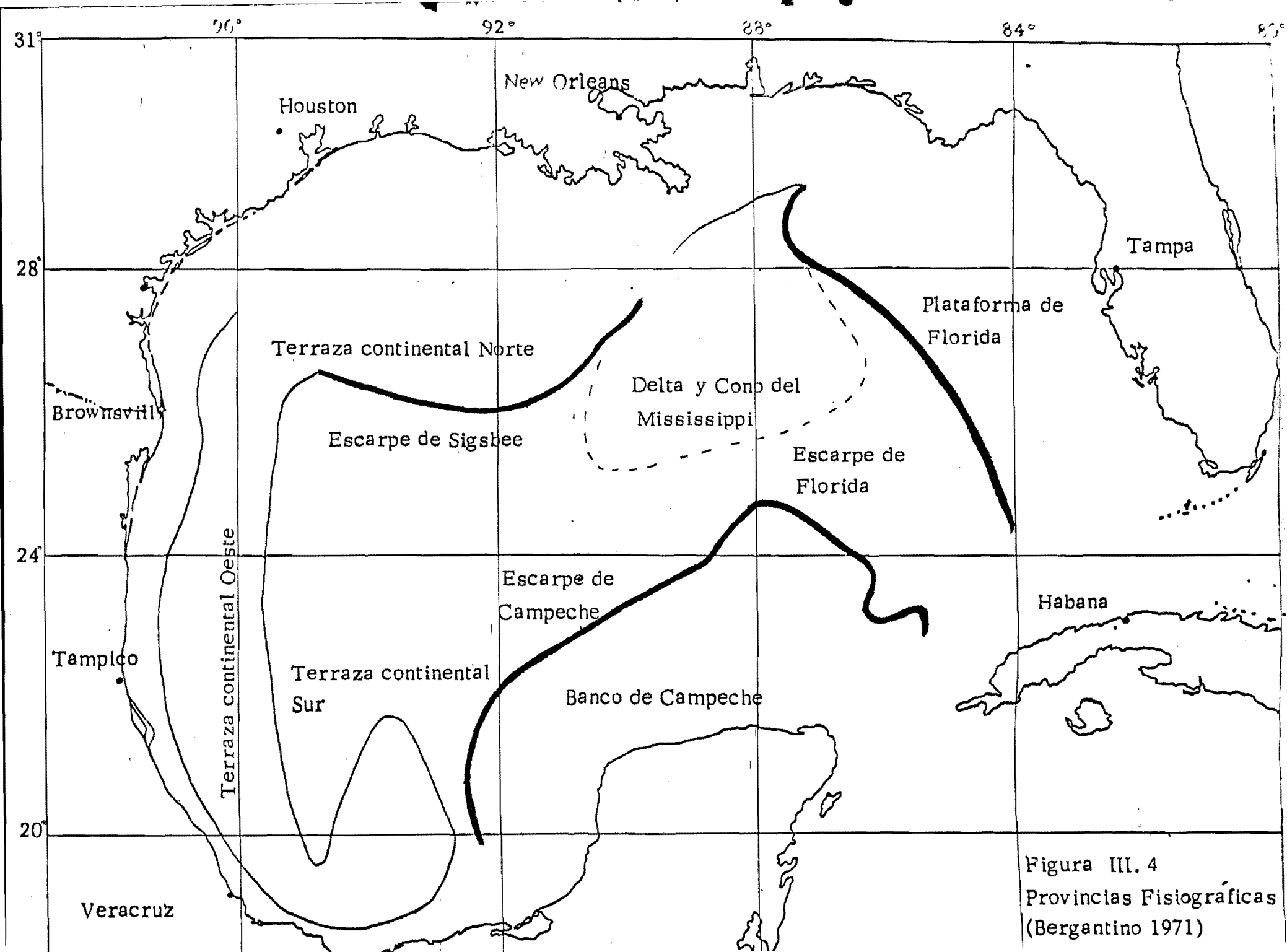


Figura III. 4  
 Provincias Fisiográficas  
 (Bergantino 1971)

Costa del Golfo, el cual se extiende desde la plataforma de carbonatos de Tamaulipas hacia el norte de México y hacia la Plataforma de carbonatos de Florida.

Los altos topográficos están constituidos de restos de arrecifes cementados (Pleistoceno, >4m de crecimiento vertical). Al norte del Delta del Río Grande se localizan crestas de los distributarios originadas cuando este río se encontraba en ese lugar. Existen también altos circulares (>4m de crecimiento vertical) concentrados a lo largo de la plataforma. Los altos topográficos (17.5 a 88m de crecimiento vertical) son domos salinos. (Ewing y Antoine, 1966; Uchupi, 1967; Uchupi y Emery, 1968). La cima de estos altos indican el nivel del mar en ese tiempo.

Los bajos topográficos son de dos tipos. Los canales en la plataforma externa son de ángulo recto, probablemente erosionados durante los decensos del nivel del mar en el Pleistoceno.

### III.3.b.3 Terraza Continental Oeste

Esta terraza fue formada por gradación de sedimentos terrígenos sobre la Plataforma Tamaulipas (Figura III.4). Esta plataforma es menor de 50 km de extensión y aproximadamente 100 m de profundidad. Al sur de Tampico y Veracruz existen arrecifes de corales (mesozoicos) con algunas algas calcáreas. Topográficamente son expresiones de arrecifes que crecieron en aguas someras como atolones y biohermas. El talud continental del este de México está caracterizado por crestas alineadas y paralelas a la línea

de costa ( Bergantino, 1971).

#### III.3.b.4 Terraza Continental Sur

Esta terraza bordea la Bahía del Istmo, la que es parte del orógeno del norte de América Central (Figura III.4). Además, es un elemento tectónico que se extiende del sur del Golfo de México hacia el Mar Caribe (Uchupi, 1975). Los rasgos estructurales importantes del norte del orógeno de América Central incluyen fallamiento normal E-W (el cual termina en el Golfo), anticlinales salinos; domos salinos; deformaciones postorogénicas del sur de Yucatán y fallamiento normal a lo largo de la costa este de Yucatán.

Es posible distinguir tres ciclos de eventos tectónicos en el orógeno del norte de América Central. El ciclo más joven que produjo el metamorfismo de Chuacus y Palacaguina, que fue deformado e intrusionado en el Paleozoico Medio. Otro ciclo está representado por estratos Pensilvanico-Permicos que descansan discordantemente sobre rocas metamórficas más antiguas. El último ciclo es el denominado del Mesozoico Medio, cuya deformación ocurrió durante el Cretácico Medio-Eoceno

#### III.4 MAGNETOMETRIA

Los resultados en general indican la ausencia de patrones de anomalías simétricas, que en caso de existir serían una evidencia en apoyo de la separación inicial entre Norte y Sudamérica (Figura III.5). La forma de las

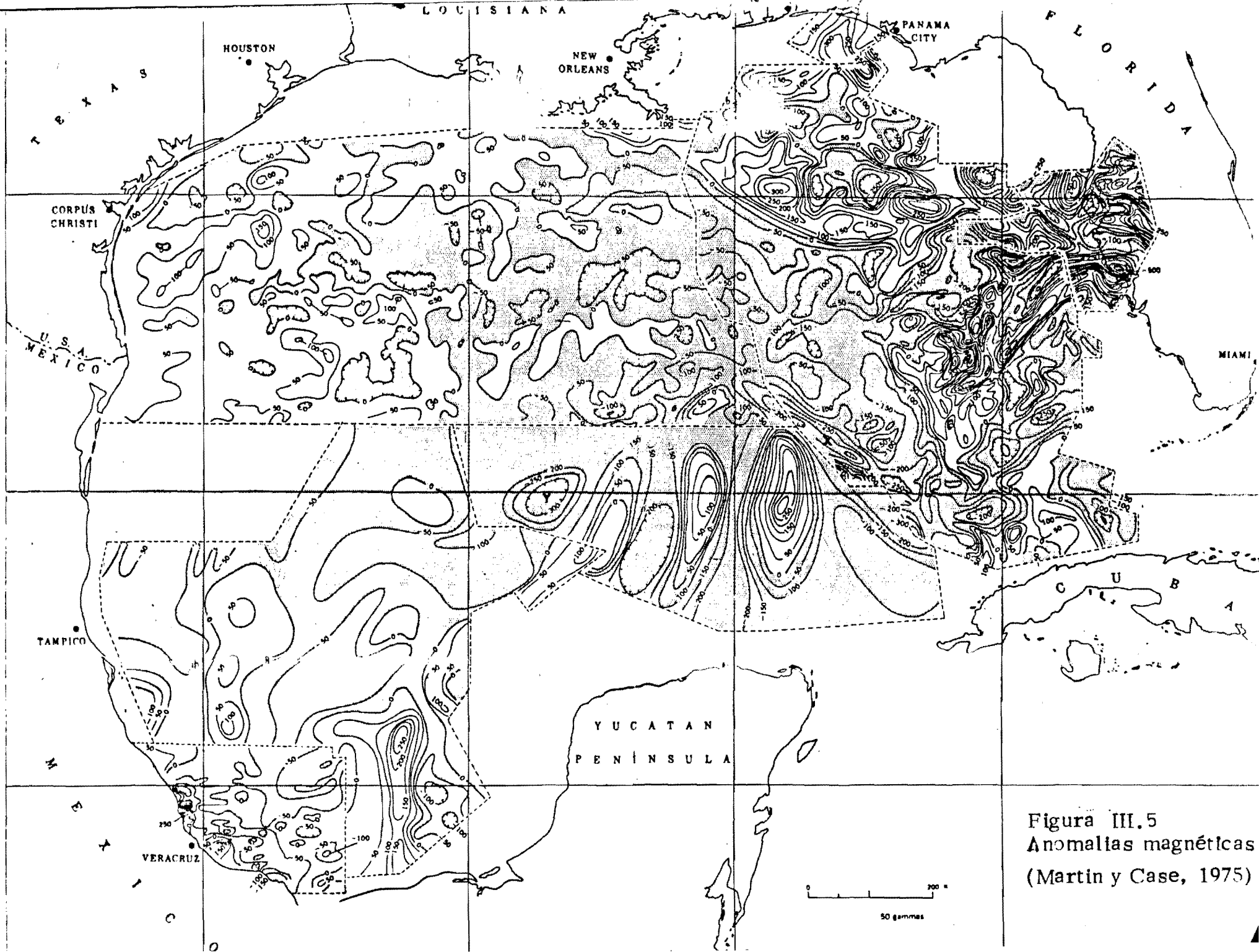


Figura III.5  
Anomalías magnéticas  
(Martin y Case, 1975)

anomalías puede ser debida a:

a)-La corteza oceánica y sus anomalías magnéticas producto de la separación inicial entre Norte y Sudamérica han sido destruidas por la evolución subsecuente del Golfo de México y el Caribe (Pindell y Dewey, 1982).

b)-El gran espesor de sedimentos de aproximadamente de 15 km (Buffler et al., 1980) actúan como filtro y enmascaran las anomalías magnéticas producidas durante la separación inicial entre Norte y Sudamérica.

### III.5 GRAVIMETRIA

El mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer del Golfo de México (Figuras III.6), indica que es una cuenca con un aproximado equilibrio isostático (Martin y Case, 1975; Worzel y Watkins, 1973; Dehlinger y Jones, 1965).

Existen variaciones muy marcadas de las masas anómalas particularmente entre el geosinclinal de la Costa del Golfo, la profundidad de Sigsbee y los escarpes de Campeche y oeste de Florida. Dehlinger y Jones (1965) sugieren que estos resultados son producto de cambios en el espesor de la corteza oceánica y continental. Martin y Case (1975) proponen que las variaciones anómalas pueden ser causadas también por fallamiento de la corteza bajo los escarpes.

La mayor parte del Golfo de México parece estar constituida por corteza oceánica (Ewing et al, 1955). En el

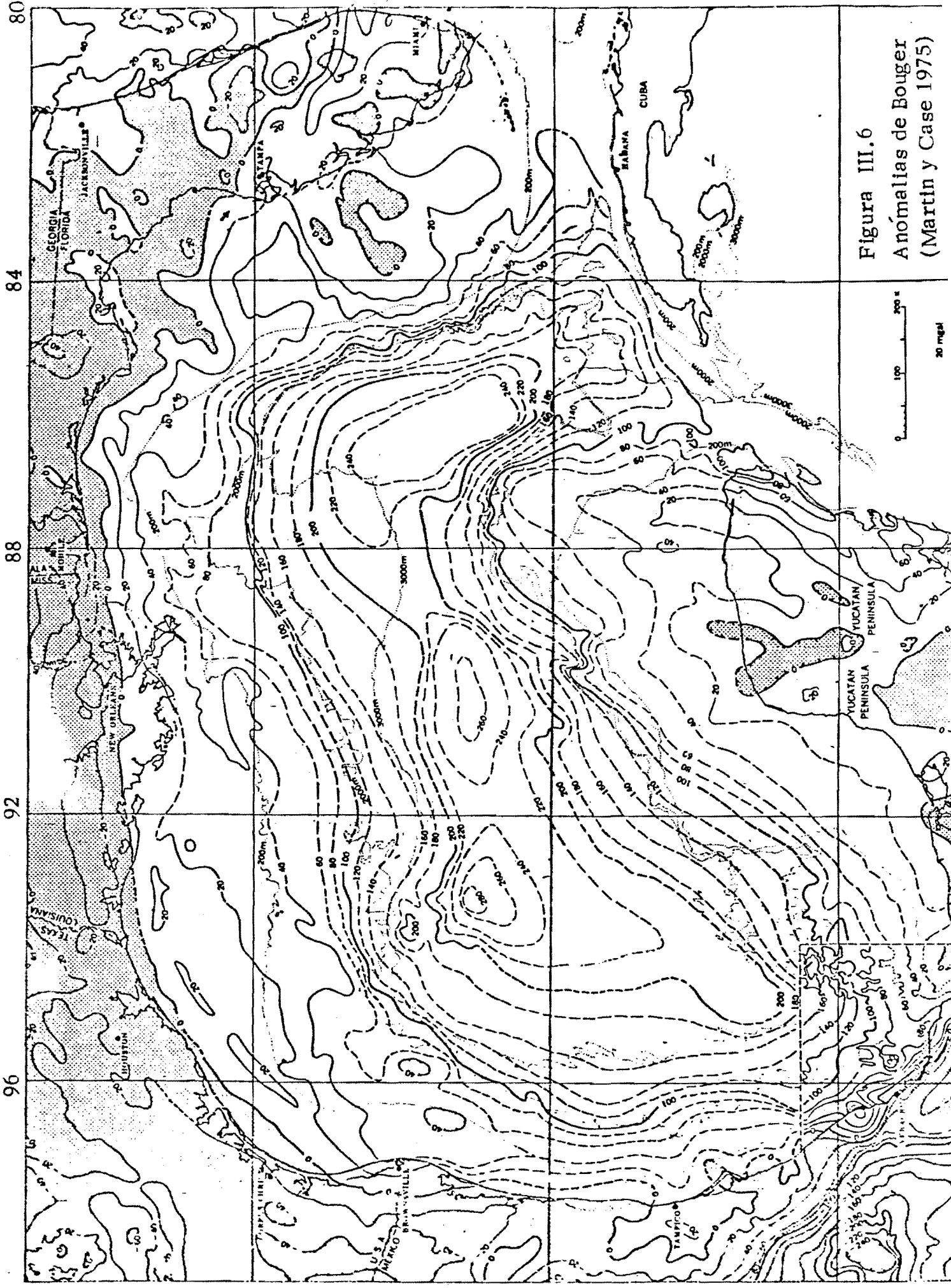


Figura III.6  
 Anomalías de Bouger  
 (Martin y Case 1975)

plano gravimetrico (Bouguer) indica lo mismo (Figuras III.6). Las anomalías de Bouguer en el Golfo abisal son aproximadamente <200 mgals mas positivas que lo esperado pudiendo ser esto debido a:

- a)-El espesor de sedimentos
- b)-La gran densidad de sedimentos
- c)-La alta densidad de la corteza oceánica
- d)-Un manto mas denso de lo esperado por la curva de densidad-velocidad Nafe-Drake.

### III.6 SISMOLOGIA

Buffler et al., (1980) concluyen de los datos sísmicos de reflexión que una corteza y "rift" transicional de 6 a 20 km se introduce al sureste del centro del Golfo de México y se extiende 100 km en dirección del escarpe de Campeche. La parte superior de esta corteza transicional en algunos lugares contiene cuencas de "rift".

La corteza oceánica de 5-6 km descansa bajo el centro del Golfo de México (Figura III.7). Entre la corteza oceánica y la corteza continental existe un gran basamento que sobreyace una gruesa sección de sal sobre la corteza transicional.

Los estudios sísmicos de refracción (Ewing et al., 1960; Antoine y Ewing, 1963) muestran que en el centro del Golfo de México existe corteza semejante a la corteza de

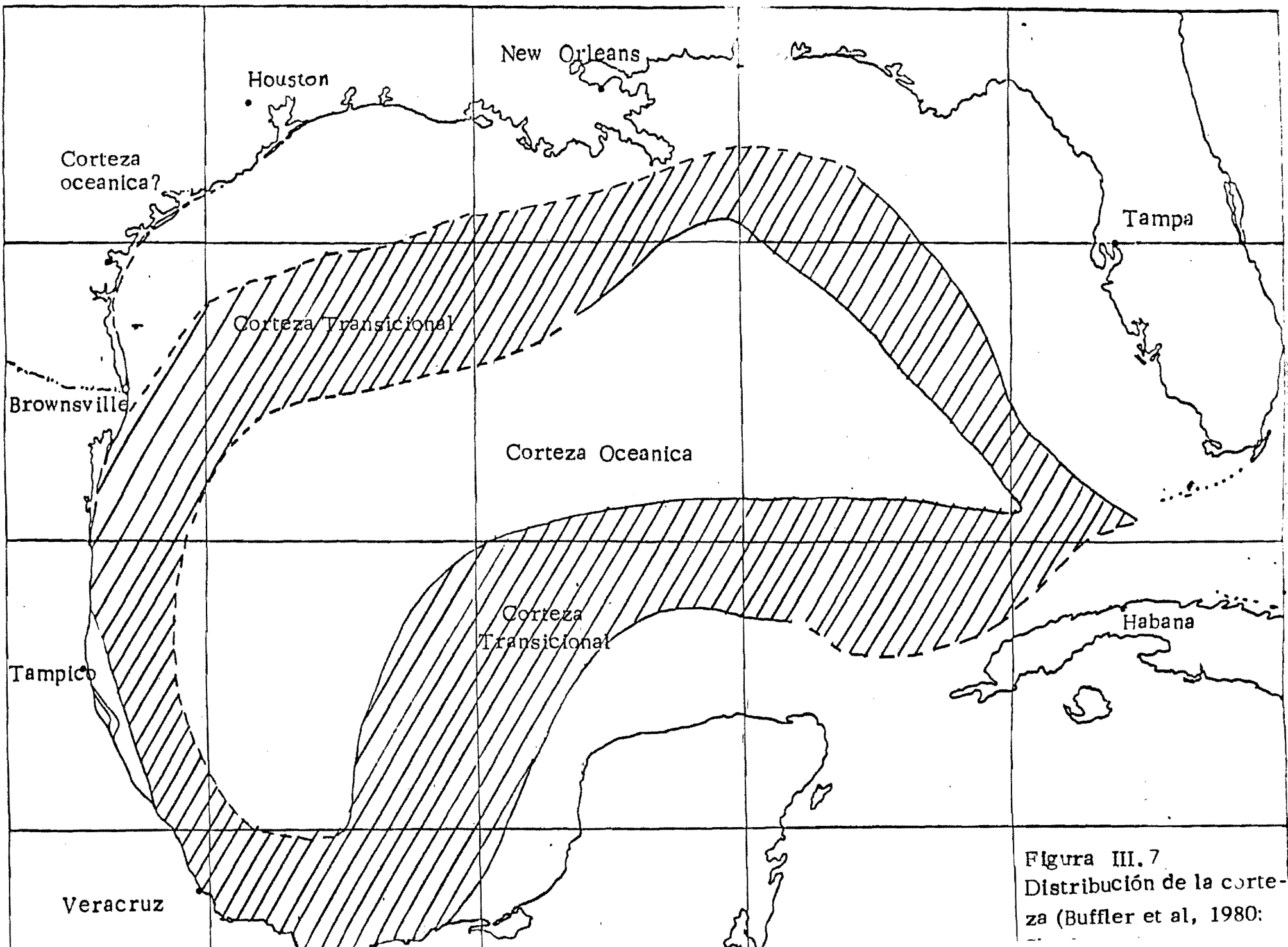


Figura III.7  
Distribución de la corteza (Buffler et al, 1980:



las cuencas oceánicas excepto que los espesores sedimentarios son mucho mayores. Otra característica es que la velocidad de 5 km es típica de corteza oceánica (Dehlinger y Jones, 1965; Martin y Case, 1975).

El Golfo de México y su planicie son esencialmente asísmicos, aunque al sur del cinturón del Eje Neovolcánico se encuentran epicentros, los cuales se cree son debidos al "rifting" transicional de México aproximadamente en la latitud 19 N. Los plegamientos del área sugieren movimiento lateral izquierdo. Las rápidas disminuciones de la profundidad de los sismos al oeste 95 W resultan de cambios en la Trinchera de América Central.

Son de sumo interés las conclusiones debidas al estudio de propagación de los sismos de fase Sn, pues muestran que el manto superior bajo las regiones costeras de Texas son similares a las oceánicas y diferentes a las continentales (Shurbet, 1968; Cebull y Shurbet, 1980). Concluyendo que la planicie de Texas descansa sobre corteza oceánica (Cebull y Shurbet, 1980).

### III.7 DISCUSION

Este estudio fué realizado para conocer las características generales geológicas-geofísicas del Golfo de México y de ser posible hacer inferencias respecto al origen y evolución de esta cuenca.

La distribución de la sal ofrece diferentes alternativas para su posible origen, por lo cual, no es

posible restringir o limitar la evolución del Golfo basandose en la distribución de la sal.

El conocimiento de las provincias fisiográficas ayuda a conocer la distribución y forma actual del Golfo.

Desafortunadamente las anomalías magnéticas producto de la separación inicial entre continentes, no ha sido posible ser documentadas, que en caso de ser definidas, indicarían cuando y en que dirección se inició la separación entre continentes dando lugar a la formación del Golfo de México.

Gravimetricamente ha sido posible definir la corteza del fondo oceánico como: oceánica en el centro de la cuenca posteriormente transicional y continental en forma lateral.

Los datos sísmológicos y gravimétricos concuerdan en la determinación de corteza en el Golfo, además los estudios efectuados en la Planicie Texana revelan que esta descansa sobre corteza oceánica.

Apartir del análisis de los datos presentados se vislumbran dos posibles hipótesis:

a) Como el centro de Golfo es corteza oceánica es posible inferir que la dispersión del fondo oceánico ocurrió en ese lugar.

b) Además, los estudios efectuados en la Planicie Texana, indican que esta es corteza oceánica, lo cual nos pone en una disyuntiva: ¿fué otra zona de dispersión, o el centro del Golfo de México y la Planicie Costera Texana son parte de una misma zona de dispersión?

## IV. PALEOMAGNETISMO EN AREAS ADYACENTES AL GOLFO DE MEXICO MAR CARIBE

### IV.1 COMPONENTES DEL CAMPO GEOMAGNETICO

El Campo Magnético Terrestre (CMT) es un campo vectorial que varia tanto en espacio como en tiempo. Las variaciones en tiempo tienen periodos desde unos cuantos segundos hasta cientos de millones de años.

La dirección de magnetización es normalmente expresada en coordenadas polares, declinación e inclinación. La magnetización como vector puede ser también expresada en coordenadas cartesianas: X, Y, Z. En un trabajo magnético normal el eje X corresponde al eje norte, el eje Y al este y el eje Z corresponde a la vertical

La conversión de coordenadas polares a cartesianas está dada en la Figura IV.1.

$$X = F \cos (\text{Dec}) \cos (\text{Inc})$$

$$Y = F \sin (\text{Dec}) \cos (\text{Inc})$$

$$Z = F \sin (\text{Inc})$$

$$\text{Dec} = \tan^{-1} (y/x)$$

$$\text{Inc} = \sin^{-1} (z)$$

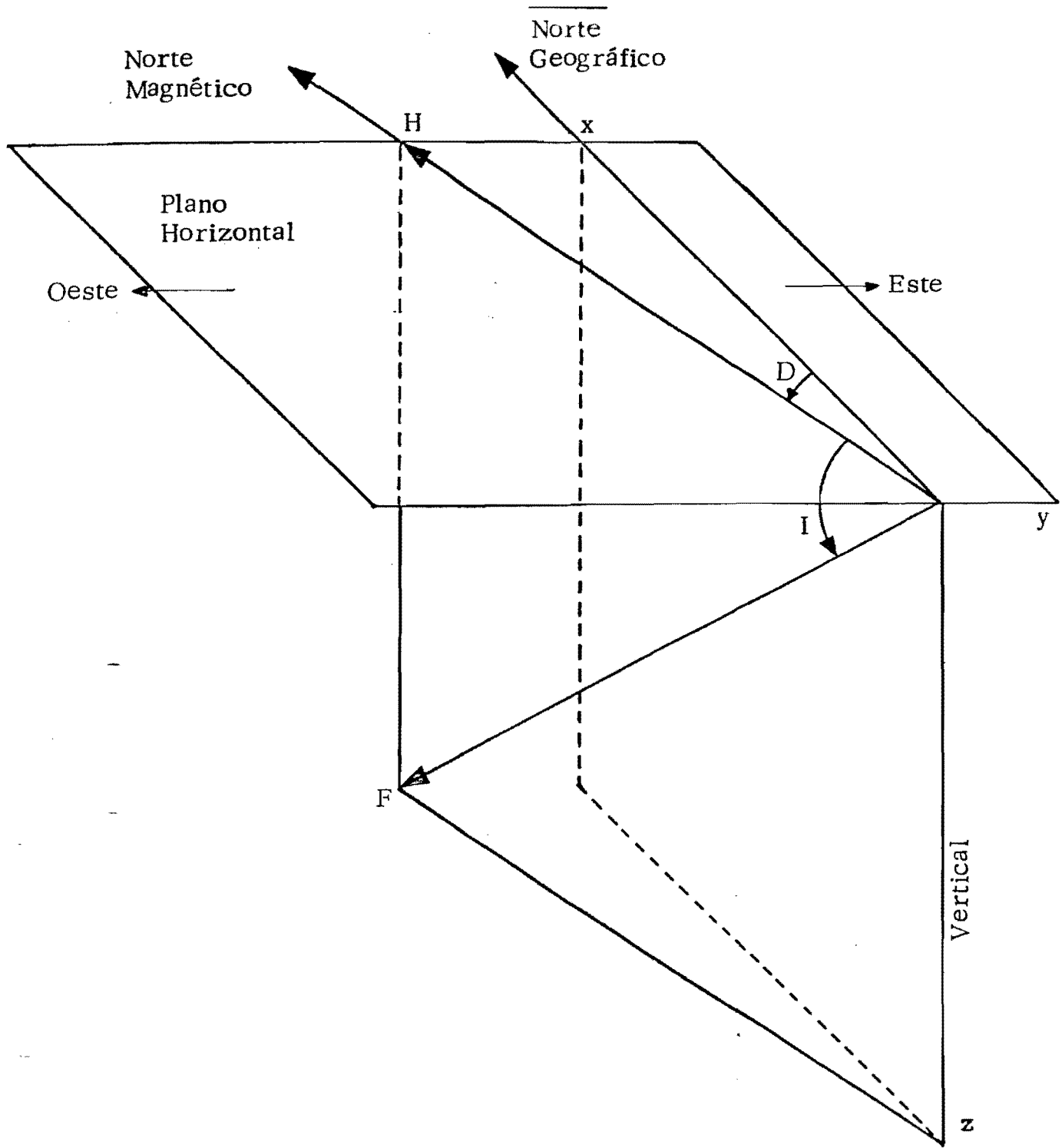


Figura IV.1 Resumen de la información requerida para definir la posición de una línea de fuerza magnética en el espacio, con respecto a las coordenadas geográficas y la superficie horizontal.

## IV.2 VARIACION DEL CAMPO GEOMAGNETICO

La unidad de campo magnético en el sistema cgs es el oersted, pero debido a la baja intensidad de los campos asociados a las rocas de la corteza terrestre, es frecuente recurrir a una unidad del orden de  $10^{-5}$  oersted, denominada gama ( $1 \text{ gama} = 10^{-5} \text{ oersted} = 10^{-5} \text{ gauss} = 1 \text{ nanotesla}$ ):

El polo magnético de inclinación sur queda definido en:  $\text{Inc} = -90^\circ$ ;  $F = Z = -0.675 \text{ oersted}$  y  $H = 0 \text{ oersted}$  (siendo  $F$  variable en el tiempo). Si comenzamos a desplazarnos hacia el norte, a lo largo de un meridiano magnético, se podrá observar que a medida que nos alejamos del polo sur magnético la inclinación comenzará a disminuir en valor absoluto y se tornará cada vez mayor la componente horizontal  $H$ . En el ecuador geográfico, la inclinación magnética será cero, al igual que  $Z$ , y el vector representativo del Campo Magnético Terrestre (CMT), es horizontal. En esta posición  $H$  alcanzará su valor máximo actualmente dentro del orden de los  $0.39 \text{ oersted}$ . A medida que nos alejamos del ecuador magnético hacia el norte, la inclinación comenzará a aumentar su valor absoluto, igual que  $Z$ , mientras que  $H$  disminuirá. El polo magnético de inclinación norte queda definido en:  $\text{Inc} = 90^\circ$ ;  $F = Z = 0.63 \text{ oersted}$  y  $H = 0 \text{ oersted}$ .

#### IV.2 DATOS PALEOMAGNETICOS

La teoría de la Deriva Continental (Wegener, 1929) que implica grandes desplazamientos horizontales de macrobloques (América del Norte, América del Sur, Africa) no fué aceptada en un inicio. Investigadores como DuToit (1927), Carey (1958) y algunos otros efectuaron trabajos en los cuales aportaron pruebas para proponer que efectivamente en otro tiempo geológico los continentes habían estado colindando, lo que implicaba que posteriormente estos se habían separado. La oposición existente continuó siendo muy fuerte. Sin embargo posteriormente esto sufrió un cambio radical al demostrarse que los estudios paleomagnéticos podían ser utilizados para determinar las posiciones relativas de macrobloques en el pasado geológico (Creer et al, 1968). Para demostrarlo se efectuaron comparaciones con las posiciones polares en la forma de la curva de movimientos polares aparentes (CMPAs, Figura IV.16) encontrando que los movimientos relativos tectónicos de Norteamérica y Europa apoyan que el resultado de esta separación originó el océano Atlántico (Irving, 1964).

Los resultados paleomagnéticos constituyeron la primera prueba basada en mediciones cuantitativas de grandes desplazamientos horizontales de bloques continentales (Urrutia, 1984); por consiguiente fué posible demostrar la existencia de deriva continental

apoyando las ideas de Wegener sobre la existencia y rompimiento del super continente Pangea. Asimismo el paleomagnetismo apoyo la teoria de la expansión del fondo oceánico, (Hess 1962, 1965) que propone que las cuencas oceánicas se formaron por la expansión del fondo de los océanos a lo largo de las cordilleras suboceánicas activas. Se observò que si el fondo de los océanos es fracturado y obligado a separarse a lo largo de las fosas presentes en las crestas de las cordilleras suboceánicas activas, el material lávico que fluye adquirirá una magnetización remanente natural (MRN) en presencia del campo magnético terrestre (C M T), y puesto que el C M T ha cambiado de polaridad en diferentes tiempos, se produzcan franjas alternadas de vulcanitas magnetizadas con polaridad normal y reversa paralela y simétrica respecto de dichas cordilleras oceánica (Valencio, 1980).

Los estudios paleomagnéticos aumentaron su confiabilidad al adicionarse el análisis estadístico (Irving y Ward, 1964) y el tratamiento por campos magnéticos alternos y por altas temperaturas, lo que contribuyò a la refinación de los datos paleomagnéticos y una más amplia aceptación de estos (Irving, 1964).

Recientemente se han investigado varios aspectos, con la finalidad de obtener datos paleomagnéticos más refinados.

a) Refinamiento y aplicación de CMPA para el Cenozoico-Mesozoico, para las placas principales.

b) Delineación de desplazamientos y ensambles de terrenos tectonoestratigráficos, los cuales están situados en las margenes de algunos continentes.

c) Desarrollo e interpretación de CMPA del Paleozoico-Precámbrico.

Es interesante estudiar la construcción de las CMPAs para los Principales continentes. McElhinny (1973) ha usado ventanas no traslapadas basadas en subdivisiones de la escala geológica. Irving (1979) asignó edades de magnetización a polos individuales y produjo CMPAs para América del Norte, Europa, y Gondwana usando ventanas traslapadas de 20-40 m.a. Van Alstine y de Boer (1978) asignaron edades numéricas, pero no usaron ventanas traslapadas. Es de interés señalar que las CMPAs son muy semejantes, aunque hayan sido construidas con diferentes criterios y métodos.

#### IV.3.a Datos Paleomagnéticos y sus Implicaciones con la Evolución Tectónica de México

El Golfo de México es un problema apasionante que despierta gran interés tanto en geólogos como en geofísicos, esto es debido a la complejidad del problema en sí y a la versatilidad de las probables respuestas.

Existe un número considerable de estudios sobre la paleoreconstrucción de los continentes antes de la apertura del Golfo de México, en las cuales es posible observar que



existe acuerdo en que ciertas partes de México y Centro América debieron de haber ocupado posiciones relativamente diferentes a las actuales por ejemplo: Carey, 1958; Tanner, 1965; Walper y Rowet, 1980; Urrutia, 1984; Pindell, 1985; Padilla y Sánchez, 1985.

Los resultados paleomagnéticos para México y Centro América aunque no son numerosos soportan la idea de que la mayoría de esta área está ocupada por un collage de terrenos rotados (Göse et al., 1980; Urrutia, 1984).

Con el aumento de las investigaciones paleomagnéticas en los últimos años es posible proponer una interpretación preliminar y discutir en términos de la tectónica de México (Cabral et al., 1985).

#### IV.3.b Selección de Datos-Método

Para seleccionar los resultados paleomagnéticos se utilizaron criterios similares a los de Irving (1978), para la construcción de las curvas de movimiento polar aparente (CMPA).

A partir de las posiciones polares medias aparentes para cada intervalo se calcularon las direcciones medias esperadas para las distintas localidades estudiadas en México y Centro América, las cuales deberían observarse en cada localidad si estas áreas hubiesen mantenido la misma posición relativa respecto al Cratón de Norteamérica. Si tales direcciones esperadas discrepan de las direcciones observadas cabe la posibilidad de movimientos relativos entre el área estudiada y el cratón de Norteamérica.

Para este estudio se han separado los movimientos tectónicos en traslación y rotación aparente. Los cambios en inclinación y declinación asociados de tipo tectónico son:

a) En una traslación al norte o al sur las declinaciones esperadas ( $D_x$ ) y observadas ( $D_o$ ) son parecidas, pero las inclinaciones esperadas ( $I_x$ ) y observada ( $I_o$ ) divergen (Beck, 1980),  $I_o < I_x$  si el movimiento es hacia el norte, y/o  $I_o > I_x$  si el movimiento es hacia el sur (Figura IV.2).

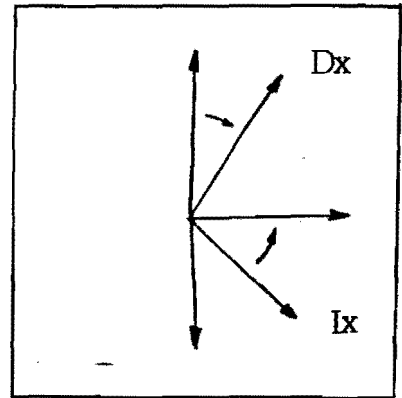
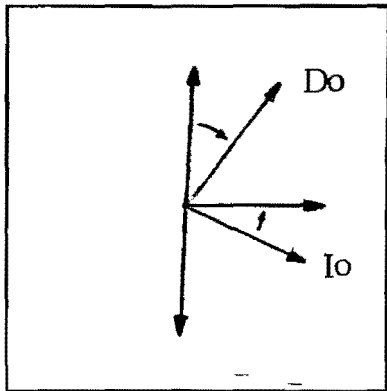
b) En una rotación  $I_o$  es parecida a  $I_x$  y  $D_o$  diferente a  $D_x$ . Donde  $D_o < D_x$ , la rotación es en el sentido contrario de las manecillas del reloj, y si la rotación es en sentido de las manecillas del reloj  $D_o > D_x$  (Figura IV.3).

Con la finalidad de conocer los parámetros estadísticos  $R$  y  $F$  se cuantifican las traslaciones ( $F$ ) y las rotaciones ( $R$ ).

#### IV.4 DISCUSION

Los resultados paleomagnéticos, al proporcionar información cuantitativa en espacio y tiempo, permiten hacer reconstrucciones y resolver movimientos relativos entre distintas partes de la litósfera (Urrutia Fucugauchi, 1980). Con ello es posible estudiar la evolución tectónica

# TRASLACION



$$I_o < I_x$$

$$D_o \approx D_x$$

Si,  $F > 0$ , desplazamiento al N  $\uparrow$

Si,  $F < 0$ , desplazamiento al S  $\downarrow$

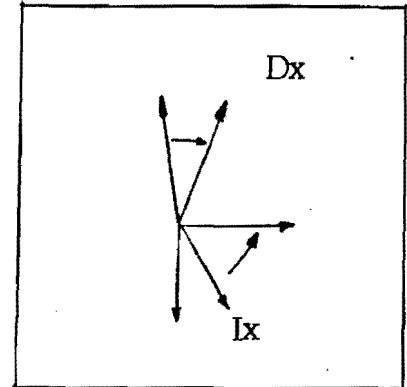
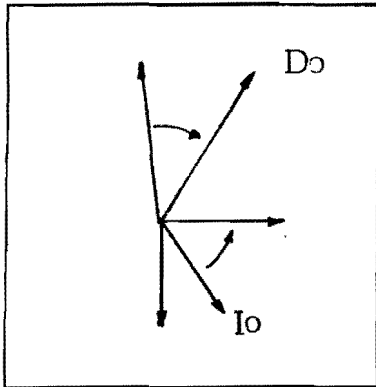
Dirección esperada;  $D_x, I_x$

$$F = I_x - I_o$$

Dirección observada;  $D_o, I_o$

Figura IV.2

## ROTACION



$I_o \approx I_x$

$D_o > D_x$

Dirección esperada;  $D_x$ ,  $I_x$

Dirección observada;  $D_o$ ,  $I_o$

Si  $R > 0$

Si  $R < 0$

$R = D_o - D_x$

Figura IV.3

a nivel regional o local. Los resultados paleomagnéticos para México (Tabla IV.1) y Centro América divergen de los resultados correspondientes reportados para la parte estable de Norteamérica. Estas divergencias son en general consistentes con modelos tectónicos que involucran movimientos regionales lateral-izquierdo a lo largo de fallas E-W o NW-SE.

En la Tabla IV.1 se incluyen los datos paleomagnéticos, y los resultados de los cálculos de F y R. Estos resultados se ilustran en el mapa IV.1 (anexo). Con flechas de línea delgada se representan las declinaciones de las direcciones esperadas y con flecha de línea gruesa se tienen las declinaciones observadas. La diferencia angular en declinaciones representa  $\bar{D}$ . Para representar F (diferencia entre inclinaciones), se escogió escalar el vector observado con respecto al esperado de tal forma que una diferencia en inclinaciones de 2 años da una diferencia en longitud del vector observado de 1mm.

A partir de los datos obtenidos se logra hacer una discusión de las posibles implicaciones que estos tenga con la evolución del área en estudio.

#### IV.4.a Colombia

Para Colombia en el Permo-Triásico según McDonald y Opdyke (1972) debido a la insuficiencia de datos es muy difícil alguna interpretación paleomagnética, además no se calculó un polo paleomagnético promedio. Sin embargo, un arreglo aparente de los resultados puede obtenerse al

calcular las dirección esperada ( $D_x$ ) e inclinación esperada ( $I_x$ ) del área de estudio y la diferencia entre las paleolatitudes y las latitudes actuales tomando en consideración que  $D_t = (P_{lat} - lat) 110 \text{ km}$  es la probable distancia que se ha desplazado un área y además que la diferencia de  $P_{long} - \text{long actual} = R_t$ , es la probable rotación que sufrió un lugar. Por lo tanto es posible conocer como se encontraba un bloque a un determinado tiempo geológico. Siendo esto no solamente válido para Guajira (Colombia) sino también para otras áreas estudiadas tanto de Centroamérica como de México. Con los nuevos resultados obtenidos es posible sugerir que la Península de Guajira, Colombia sufrió una traslación hacia el sur (Tabla IV.1) desplazándose aproximadamente 3756 km como lo indican  $F < 0$ . Lo que concuerda bastante bien con la reconstrucción de Pangea B para 280 a 250 m.a. (Morel e Irving, 1980). Para el Cretácico los sitios 6, 5, 9, y 10 son concordantes (ver.  $F > 0$ , y  $R > 0$ , en Tabla V.1 y Mapa V.1) indicando traslación al norte y rotación en el sentido de las manecillas del reloj, lo que sugiere desplazamiento hacia el sur y rotación en sentido contrario de las manecillas del reloj. Todos estos datos son obtenidos de una misma área, y estos resultados pueden ser debido a movimientos tectónicos regionales conectados al Caribe. Para el Eoceno tanto  $F$  como  $R$ , indican son el resultado de la tectónica regional.

#### IV.4.b Costa Rica

En general tanto los parámetros: R como F, no indican traslaciones ni rotaciones significativas, aunque  $F > 0$  indicando probable desplazamiento hacia el norte. Los datos obtenidos son bastante jóvenes (Campaniano al Eoceno), lo cual sugiere que esta se encontraba aproximadamente en su sitio actual.

Los datos 22, 21, 24, 29, y 30 (Tabla IV.1), muestran una clara reversion, lo que concuerda bastante bien con los datos obtenidos por Gose (1983).

#### IV.4.c Nicaragua

En un marco general los datos paleomagnéticos concuerdan con los esperados para el Cretácico Tardío y Eoceno (Gose, 1980).

Los datos 50, 47, y 48 (Tabla IV.1, Mapa IV.1), la cual es concordante con lo obtenido por Gose (1983).

#### IV.4.d Honduras

Presuponiendo que las rocas tengan una magnetización pre-Laramidica, los datos paleomagnéticos indican una rotación positiva del área en el Cretácico Temprano y en el Cretácico Tardío una rotación en sentido contrario de las manecillas del reloj (Gose, 1979, 1980, 1985). Sin embargo, los datos obtenidos en el laboratorio de Paleomagnetismo (este estudio).

Los datos paleomagnéticos (Tabla IV.1, Mapa IV.1), indican rotaciones significativas sugiriendo la posibilidad

de que ésta área sea originaria del ámbito Pacífico (Gose, 1983; Padilla y Sánchez, 1983).

#### IV.4.e México

En general las paleoreconstrucciones que implican evolución tectónica del Golfo de México y áreas adyacentes serían apoyados por la divergencia angular (parámetros  $F$  y  $R$ ) entre los datos esperados y observados en México esperando que aumentarían con el tiempo, sin embargo esto no sucede, pues, los datos para el Paleozoico del sur del país son concordantes con los datos correspondientes de Norteamérica; mientras que los datos en las rocas volcánicas terciarias son diferentes respecto a los datos de Norteamérica (Cabral et al., 1985). Además los datos para el Cenozoico de México tienen valores negativos ( $R$ , Tabla IV.1), lo que sugiere rotaciones en el sentido contrario de las manecillas del reloj.

Pues bien, en este estudio se intentó primeramente dividir el área de México en terrenos tectonoestratigráficos. Lo que en detalle presento algunas dificultades (Campa y Coney, 1983; Carfantán, 1983). Además, con los resultados obtenidos en cada terreno es posible observar que las declinaciones ( $D_o$ ,  $D_x$ ) y las inclinaciones ( $I_o$ ,  $I_x$ ) (3) en general no siguen un patrón para cada terreno, sino que los resultados son disímiles. Ello sugiere la necesidad de estudios detallados para distinguir y delinear los límites de los terrenos



tectonoestratigráficos. Desde otro punto de vista en un contexto más generalizado, norte, centro y sur de México (Urrutia, 1984) es posible integrar tentativamente esta información.

Los resultados paleomagnéticos en general implican movimientos regionales lateral izquierdo de México a lo largo de las principales tendencias de cizallamiento E-W y NW-SE (Urrutia, 1984).

En base a estos resultados es posible proponer:

a) Las declinaciones ( $D_0$ ,  $D_x$ ) y las inclinaciones ( $I_0$ ,  $I_x$ ) no siguen una tendencia determinada para cada terreno, o sea, los resultados paleomagnéticos son disimiles. Es imperante un estudio detallado de los terrenos para poder delimitar las fronteras de estos.

b) Los resultados paleomagnéticos en general implican movimientos regionales lateral izquierdo de México, a lo largo de las principales tendencias de cizallamiento (E-W y NW-SE).

c) En base a este estudio es posible apoyar las paleoreconstrucciones en las cuales el Golfo de México no se encontraba en su posición actual.

TABLA IV.1 DIRECCIONES PALEOMAGNETICAS ESPERADAS Y OBSERVADAS DEL NORTE DE COLOMBIA, COSTA RICA, NICARAGUA, HONDURAS Y MEXICO.

C O L O M B I A											
LOC.	EDAD	D <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	a <sub>95</sub>	D <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	A <sub>95</sub>	F	R	PLat	PLong
1	Permo-Triásico	233.6	45.8	5.0	2.9	-40.1	5	-93.4	-129.3	-22.8	2.9
2	Permo-Triásico	359.9	43.6	57.6	2.9	-40.1	5	-83.6	-3.0	-22.8	2.9
3	Permo-Triásico	300.8	-8.3	38.7	2.9	-40.1	5	-48.3	-62.1	-22.8	2.9
4	Permo-Triásico	289.1	28.3	74.3	2.9	-40.1	5	-68.3	-73.8	-22.8	2.9
5	Cretácico	87.8	-11.3	7.0	21.5	11.9	5	23.2	66.3	6.02	-21.5
6	Cretácico	290.0	-3.1	39.6	21.5	12.2	5	15.7	-91.5	6.08	-21.5
7	Cretácico	238.9	26.7	79.2	21.5	12.0	5	-14.7	-142.6	6.08	-21.5
8	Cretácico	243.3	29.4	18.3	21.5	12.0	5	-17.4	-138.2	6.07	-21.5
9	Cretácico	295.9	-5.8	7.5	21.5	12.0	5	17.8	-86.5	6.09	-21.5
10	Cretácico	297.9	-18.5	68.1	21.5	12.0	5	30.5	-83.6	6.1	-21.5
11	Eoceno	1.5	27.6	26.3	7.1	16.1	5	-11.1	-5.6	8.4	-7.1
12	Eoceno	241.0	28.3	16.4	7.1	16.1	5	-224.5	-126.1	8.4	-7.1
13	Eoceno	323.8	23.8	30.6	7.1	16.1	5	-307.3	-43.3	8.4	-7.1
14	Eoceno	25.6	36.6	26.5	7.1	16.1	5	-9.1	18.5	8.4	-7.1
15	Eoceno	46.6	33.6	6.7	7.1	16.1	5	-30.1	39.5	8.4	-7.1
16	Eoceno	103.7	13.7	18.5	7.1	16.1	5	-87.2	96.6	8.4	-7.1

C O S T A R I C A

LOC.	EDAD	Do	Io	a95	Dx	Ix	A95	F	R	PLat	PLong
17	Campaniano	1.7	8.6	5.0	18.3	23.2	7	31.8	-16.6	12.1	-18.3
18	Campaniano Paleoceno	2.4	29.0	4.3	18.3	23.2	7	-5.7	-15.9	12.1	-18.3
19	Campaniano Paleoceno	357.0	15.1	3.5	18.2	20.9	7	27.9	-21.2	10.8	-18.2
20	Campaniano Paleoceno	357.0	7.0	3.1	18.2	20.9	7	5.8	-21.2	10.4	-18.2
21	Paleoceno	191.0	15.0	16.8	13.2	20.1	7	5.2	-182.2	10.4	-13.0
22	Paleoceno	193.0	4.0	16.8	13.2	20.2	7	16.2	-180.2	10.4	-13.0
23	Paleoceno	23.1	3.4	30.8	13.2	20.2	7	16.8	9.8	10.4	-13.0
24	Paleoceno	187.0	-4.3	24.4	13.2	20.2	7	24.5	186.2	10.4	-13.0
25	Eoceno	1.0	-14.1	4.2	7.8	17.5	5	31.6	-6.8	8.9	-7.8
26	Eoceno	0.3	22.8	3.5	7.8	17.5	5	-5.4	-7.5	8.9	-7.8
27	Eoceno	3.4	-14.5	3.7	7.8	17.5	5	32.0	-4.4	8.9	-7.8
28	Eoceno	175.0	13.0	12.0	7.8	17.5	5	4.5	167.2	8.9	-7.7
29	Eoceno	184.0	3.3	4.4	7.7	13.2	5	9.9	-183.7	6.7	-7.7
30	Eoceno	182.8	-20.0	4.4	7.7	13.2	5	33.2	-184.9	6.7	-7.7
31	Eoceno	359.4	3.8	5.0	7.7	13.2	5	9.4	-8.3	6.7	-7.7

H O N D U R A S

LOC.	EDAD	Do	Io	a95	Dx	Ix	A95	F	R	PLat	PLong
32	Aptiano	325.6	18.7	5.9	22.5	23.4	15	5.1	-57.5	12.45	-22.5
33	Aptiano	351.6	35.3	3.1	22.5	23.9	15	-11.9	-30.9	12.48	-22.5
34	Aptiano	214.6	49.3	4.2	22.5	24.4	15	-25.3	-167.9	12.55	-22.5
35	Albiano	195.2	33.9	5.7	22.5	24.4	4	-10.5	-187.3	12.55	-22.5
36	Albiano	227.0	35.5	6.5	21.7	29.4	4	-6.1	-154.7	15.75	-21.5
37	Albiano	266.4	24.7	3.1	21.7	29.2	4	4.5	-116.3	15.6	-21.7
38	Cenomaniano	271.3	24.1	5.1	21.7	29.2	4	4.8	-111.4	15.6	-21.7
39	Cenomaniano	273.1	34.1	8.5	21.7	29.0	4	-5.1	-109.6	15.6	-21.7
40	Cenomaniano	290.2	34.5	3.4	21.7	29.2	4	-5.2	-92.5	15.6	-21.7
41	Cenomaniano	103.3	-23.1	5.1	21.7	28.1	4	51.2	81.6	14.9	-21.7
42	Cenomaniano	284.9	21.9	4.5	21.7	27.9	4	5.7	-97.8	14.8	-21.7

N I C A R A G U A

LOC.	EDAD	Do	Io	a95	Dx	Ix	A95	F	R	PLat	PLong
43	Cretácico Tardío	352.8	32.4	4.1	18.3	26.3	7	-6.1	-26.3	13.9	-18.3
44	Cretácico Tardío	356.4	24.3	4.1	18.3	26.3	7	2.0	-21.9	13.9	-18.3
45	Cretácico Tardío	1.6	21.7	2.8	18.3	26.3	7	4.6	-16.7	13.9	-18.3
46	Cretácico Tardío	3.9	18.5	2.8	18.3	26.3	7	10.5	-14.4	13.9	-18.3
47	Paleoceno Eoceno	176.3	-16.0	4.0	11.1	20.4	7	36.4	165.1	13.9	-18.3

48	Paleoceno Eoceno	178.9	-4.2	4.4	11.1	20.4	7	24.6	167.7	13.9	-18.3
49	Paleoceno Eoceno	357.2	17.9	9.8	11.1	20.4	7	2.5	346.0	13.9	-18.3
50	Paleoceno-Eoceno	175.9	-15.1	5.3	11.1	20.4	7	35.5	-14.1	13.9	-18.3

MEXICO (NORTE)

LOC.	EDAD	Do	Io	a95	Dx	Ix	A95	F	R	PLat	PLong
51	Plioceno	41.0	43.0	10.0	358.2	53.0	12	10.0	42.8	79.0	310.0
52	Oligoceno	157.5	-34.5	11.0	355.6	41.7	5	7.2	-18.1	68.5	155.9
53	Oligoceno	151.9	-37.1	10.0	355.6	41.7	5	4.6	-23.7	81.0	87.5
54	Oligoceno- Mioceno	335.8	33.7	10.0	355.6	41.8	5	8.1	-19.8	66.8	154.8
55	Eoceno	154.6	-4.6	4.0	350.0	47.1		0.5	-15.4	67.4	170.5
56	Cretácico Tardío	3.3	34.9	9.0	338.2	52.0	8	17.1	25.1	84.3	41.0
					346.4	47.3	8	12.4	16.9	84.3	41.0
					350.3	43.9	8	9.0	13.0	84.3	41.0
57	Maestrichiano	349.1	27.8	6.0	340.8	45.2	7	17.4	8.7	77.7	138.8
58	Cretácico Tardío	325.1	39.1	9.0	337.1	52.1	8	-13.0	12.0	57.4	169.8
59	Aptiano Albiano	345.1	43.5	3.0	331.6	49.2	10	5.7	13.5	76.4	180.5
60	Jurásico	350.6	28.4	8.0	335.6	46.4	15	18.0	15.0	76.4	119.2
61	Oxfordiano	180.8	37.5b	2.0	348.3	28.5	13	-9.0	-167.5	87.1	66.2
62	Oxfordiano	349.9	44.4	88.0	348.3	28.5	13	-13.9	1.6	80.5	188.0
63	Jurásico Medio-Tardío	124.3	34.0b	13.0	334.8	46.9	4	12.9	-30.5	76.0	70.7
64	Jurásico Medio-Tardío	141.5	-23.3	10.0	334.9	46.9	4	23.4	-13.4	76.0	70.7
65	Jurásico	330.4	28.4	6.0	351.8	27.0	12	-1.4	-21.4	76.0	70.7

66	Triásico Tardío- Jurásico Temprano	350.0	33.8	12.0	350.6	20.4c	6	-13.4	-0.6	74.8	106.2
					351.5	27.3	6	-6.5	-1.5	74.8	106.2
67	Triásico	222.9	-30.0	10.0	355.4	3.9	7	-26.1	47.5	76.0	70.7
					350.6	-8.0	7	22.0	52.3		
68	Triásico Tardío	30.0	17.3b	7.0	355.2	4.4c	6	34.8	-12.9	-57.7	192.5
69	Triásico Tardío	40.8	3.1b	13.0	355.5	4.5	6	1.4	45.3	-47.7	194.1
70	Triásico Tardío	40.0	3.2b	8.0	355.5	4.3c	6	1.3	44.5	-45.4	194.1
71	Triásico Tardío	44.7	27.6	10.0	355.5	4.5c	6	-23.2	49.2	-47.0	174.7
					350.7	-7.6	7	-35.3	53.8	-47.0	174.7
72	Triásico Tardío	229.4	-25.1	14.0	355.5	4.5c	6	-20.6	53.9	-42.2	174.4
					350.8	-7.5	7	10.5	58.6	-42.2	174.4
73	Triásico Tardío	284.1	-6.4	6.0	355.5	4.5c	6	10.9	-71.4	11.5	162.1
					350.8	-7.5	7	-1.1	-66.7	11.5	162.1
74	Triásico Tardío	273.9	18.0	6.0	355.5	4.5c	6	22.5	-79.6	1.6	160.1
					350.8	-7.5	7	10.5	-74.9	1.6	160.1
75	Triásico Tardío	263.8	-18.2	8.0	355.5	4.5c	6	-13.7	-91.7	9.4	164.8
					350.8	-7.5	7	-25.7	-87.0	9.4	164.8
76	Triásico Tardío	110.8	-1.2b	9.0	355.5	4.5c	6	3.3	-64.7	19.2	162.8
					350.8	-7.5	7	-8.8	-60.0	19.2	162.8
77	Triásico Tardío	141.2	-4.6b	4.0	355.5	4.5c	6	0.1	-34.4	46.8	147.1
					350.8	-9.9	7	-14.5	-29.7	46.8	147.1
78	Triásico Tardío	156.1	-13.3b	7.0	353.5	4.1	6	-17.4	197.4	61.5	138.4
					350.8	-9.9	7	-23.2	144.7	61.5	138.4
79	Triásico Tardío	137.1	47.9b	7.0	355.1	6.1c	7	40.8	-218.0	51.7	186.1

MEXICO (CENTRO)

LOC.	EDAD	Do	Io	a95	Dx	Ix	A95	F	R	PLat	PLong
80	Oligoceno Mioceno	179.0	-36.6	13.0	356.9	34.6	4	2.0	-177.9	88.7	213.8
81	Oligoceno Mioceno	301.2	27.1	11.0	356.9	33.4	4	6.3	-55.7	83.7	176.3
82	Oligoceno Mioceno	142.2	-22.4	9.0	355.8	33.1	5	10.7	-213.6	164.5	5.8
83	Paleoceno Eoceno	310.9	16.3	12.0	350.5	34.3	5	18.0	-39.6	41.3	176.1

84	Terciario Temprano	335.6	36.2	10.0	355.6	41.8	8	8.1	-19.8	66.8	154.8
85	Cretácico Medio	346.3	41.4	6.6	343.4	39.9	4	3.1	1.0	44.0	385.5
86	Cretácico Temprano	280.4	41.9	12.7	343.4	40.5	10	-6.3	1.0	26.1	103.0
87	Cretácico Temprano	330.4	43.2	6.1	343.4	40.5	10	-13.0	2.0	46.6	51.6
88	Cretácico Temprano	341.4	31.4	15.9	336.1	5.9	10	-5.0	14.0	41.3	394.9

MEXICO (SUR)

LOC.	EDAD	Do	Io	a95	Dx	Ix	A95	F	R	PLat	PLong
89	Albiano- Cenomaniano	348.7	23.0	7.0	338.3	37.3	4	14.3	10.4	78.4	149.8
90	Albiano- Cenomaniano	332.7	46.8	4.0	332.0	49.0	4	2.2	0.7	76.0	130.8
91	Eoceno	338.0	38.0	10.0	355.0	47.0	10	-1.0	-17.0	56.0	160.0
92	Cretácico Temprano	340.3	19.9	3.0	340.4	20.7	13	0.8	-0.1	69.8	160.0
93	Triásico Tardío- Jurásico Temprano	28.9	-14.0	11.0	356.5	-0.1c	6	13.9	327.6	52.3	32.0
					356.5	-8.2	6	5.8	327.6	52.3	32.0
94	Pérmico Temprano	177.8	0.6	4.0	153.8	-39.0	6	-40.5	24.0	74.2	95.4
95	Pensilvánico- Pérmico	152.9	24.1	4.0	151.3	-34.3	5	-10.2	1.6	49.7	126.2

AUTOR	LOCALIZACION	AUTOR	LOCALIZACION
Bobier & Robin, 1982.....	54,56	Mooser et al., 1984.....	80
Cohen et al., 1982.....	6	Nair et al., 1974.....	53
Gose & Swartz, 1977.....	Honduras	Nair, 1976.....	58,60,65
Gose & Sanchez-Barreda, 1982..	94,95	Strangway et al., 1971.....	51
Gose et al., 1982.....	59,61-65,67-79	Urrutia-Fucugauchi & Pal, 1977.....	84
Gose, 1983.....	Nicaragua-Costa Rica	Urrutia-Fucugauchi, 1980.....	93
Keating, 1975.....	57	Urrutia-Fucugauchi, 1981.....	55,81,89
MacDonal & Opdyke, 1972.....	Colombia	Urrutia-Fucugauchi, 1983.....	82,83
McCabe et al., 1984.....	96	Urrutia-Fucugauchi & Van der Voo, 1983....	90

V. ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE UNA SECUENCIA DE LECHOS ROJOS DEL JURASICO SUPERIOR, AREA DE MATIAS ROMERO, ESTADO DE OAXACA, SUR DE MEXICO.

V.1 INTRODUCCION

Como parte de los estudios del laboratorio de paleomagnetismo sobre la evolución tectónica del sur de México y el Golfo de México se muestreó una secuencia de lechos rojos del área de Matías Romero (95.08 W, 16.77 N) en el noreste del estado de Oaxaca (Figura V.1).

Este estudio fué efectuado con la finalidad de conocer si el área había tenido o no estabilidad tectónica relativa respecto a Norteamérica

V.2 ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION TODOS SANTOS

V.2.a Definición

Son sedimentos clásticos de origen continental compuestos de areniscas y conglomerados rojizos, conocidos como "Lechos Rojos". Fueron estudiados por Carl Sapper (1894; en Quezada, 1975) en el Departamento de Cuchumatán, Guatemala (Quezada, 1975).

V.2.b Distribución

La Formación Todos Santos se encuentra bordeado el Macizo Granítico de Chiapas en el extremo suroccidental del



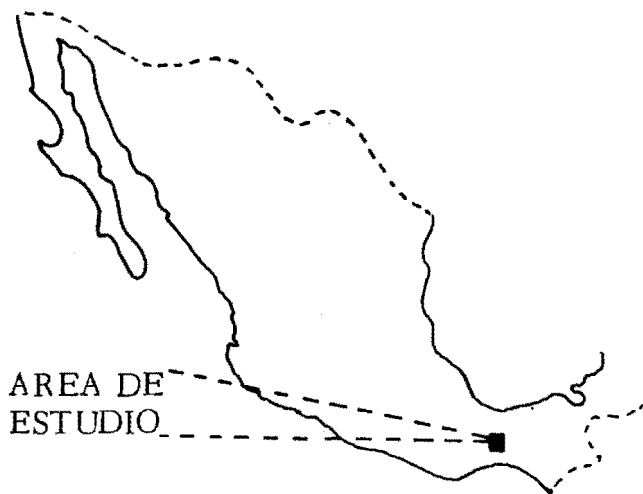
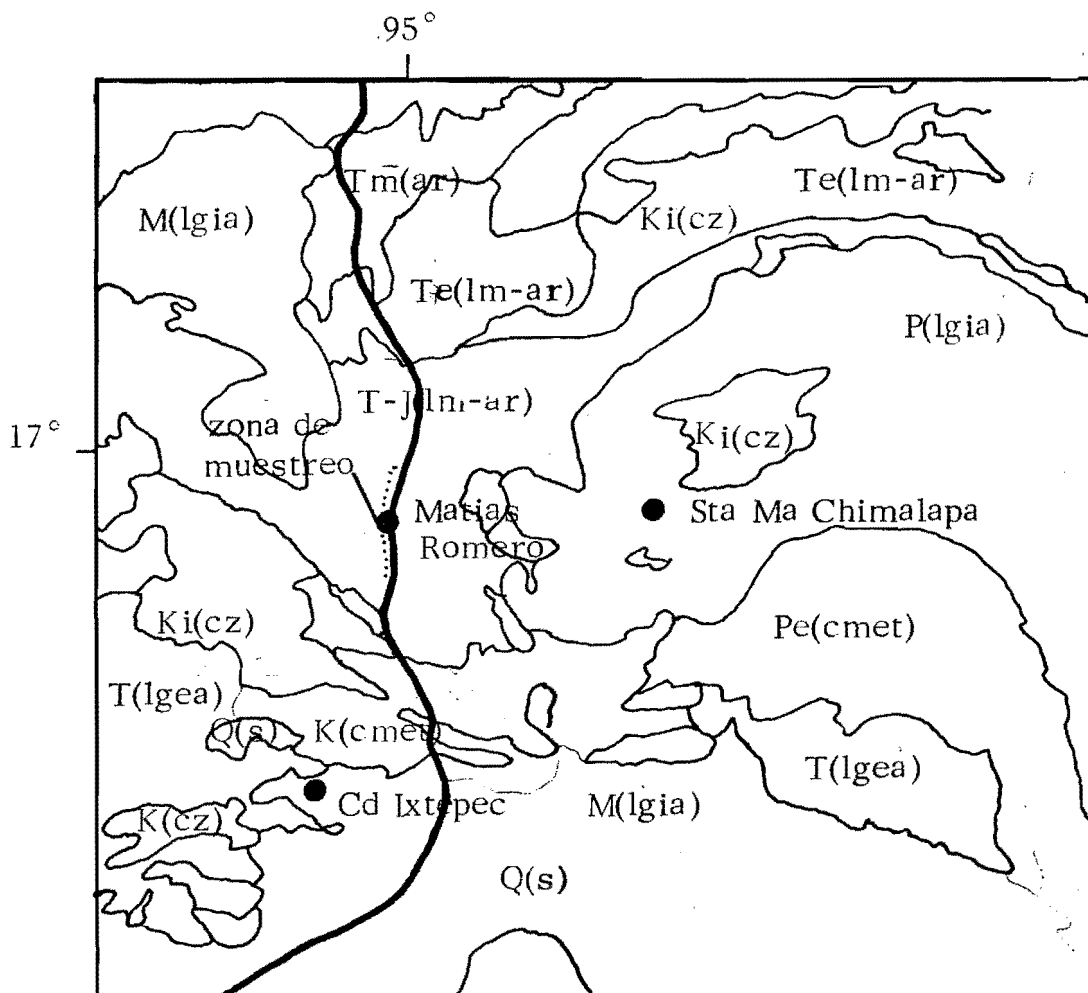


Figura V.1

MAPA GEOLOGICO DEL  
AREA DE MUESTREO

1:1.000,000

D.G.G.



Q	Cuaternario	M	Mesozoico	(cmet) conpejo met
Tm	Mioceno	T-J	Triasico-Jurásico	(lgia) ignea ext acida
Te	Eoceno	P	Paleozoico	(lm-ar) limolita-arena
T	Terclarlo	Pe	Precambrico	(cz) caliza
K	Cretácico			(lgea) ignea int acida
K1	Cretácico inf			(s) suelos

SIMBOLOGIA

Área de estudio. Se presenta en una franja de orientación noroeste-sureste con una longitud de aproximadamente 35 km por 6 km de ancho (Figura V.2).

### V.2.c Litología y Espesor

Aproximadamente 10 km al noroeste de la ciudad de Matías Romero, Oaxaca se distinguen tres series con características litológicas propias, el espesor total es de 1700 m (Quezada, 1975; Ortuño, 1986).

#### Serie inferior arcósica

700 m de areniscas de grano grueso a medio, compuestas de fragmentos de feldespatos potásicos y cuarzo (80% a 90%), color gris claro a ligeramente rosado, intensamente fracturadas y alteradas, mal compactadas y cementadas, carácter masivo y deleznable. En la parte superior se encuentran intercaladas areniscas limolíticas.

#### Serie intermedia (brechoide)

Esta serie es de tipo molasse en un 80% constituida de fragmentos angulares y subangulares de rocas ígneas graníticas y granodioríticas con diámetro de aproximadamente de 0.5 m a 10 cm; 10% de roca metamórfica y 10% de areniscas. Los cantos están bien cementados en una matriz con aglutinante silíceo, nódulos de hasta 5 cm de diámetro. El espesor de esta serie es de 460 m.

#### Serie superior areno-arcillosa carbonosa

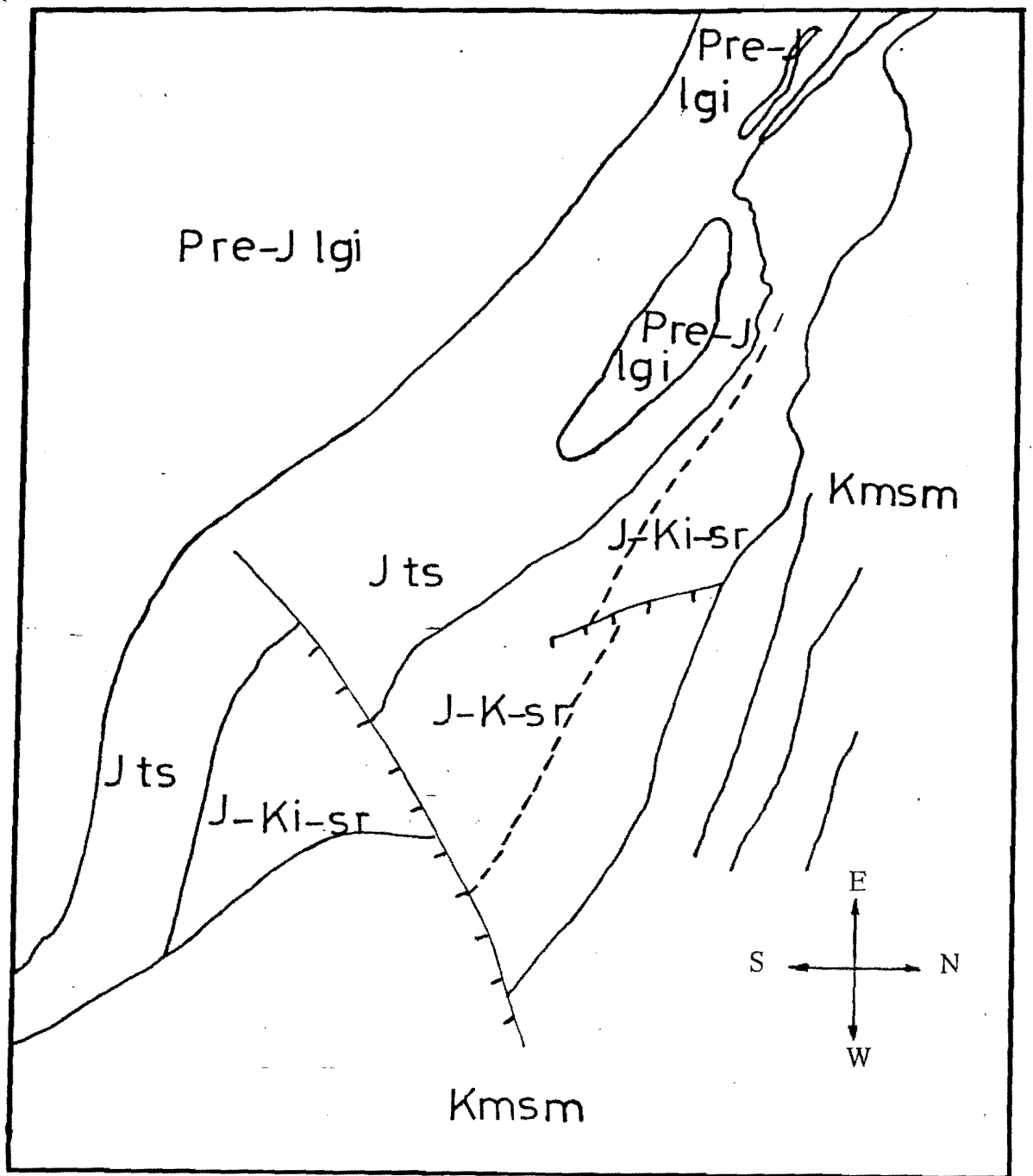


Figura V.2 Mapa Geológico en el que aparece la relación estratigráfica de la Formación Todos Santos con la Formación San Ricardo y con la Mixtequita o sobre las rocas extrusivas. (Sención Aceves 1985)

Quezada (1975) midió 440 m de una alternancia arritmica de areniscas limolíticas arcósicas y limolitas con laminaciones carbonosas intercaladas con conglomerados finos (fragmentos de granito).

Las areniscas son de color rosado a rojizo y de grano medio a grueso, algunas veces gradan a conglomerados finos. Las limolitas de color guinda contienen feldespatos potásicos muy alterados, trazas de mica y en la parte superior vegetal carbonizado, con estratificación laminar.

Esta serie está representada por conglomerados rojizos de rocas graníticas (90 %), y agregados de cuarzo lechoso (10 %), todo esto se encuentra en una matriz arcillosa-arenosa con aglutinante arcillo-silíceo, y regularmente compactada.

Las capas son delgadas con ocasionales cuerpos másivos, estratificación cruzadas y en algunos lugares estratificación lenticular.

#### V.2.d Relaciones estratigráficas

El contacto inferior siempre es discordante ya sea sobre gneises y granito del Batolito de la Mixtequita o sobre las rocas ígneas extrusivas en las áreas de Paso de Buques y Ríos Pueblo Viejo, Solosuchil y Usapanapa.

El contacto superior presenta una zona transicional donde se intercalan con los lechos rojos, capas de areniscas calcarea semejantes a las de la unidad superior (Formación San Ricardo, Tabla V.1).

#### V.5.e Facies y Ambiente de Depósito

Se evidencia un medio continental hacia la parte del Macizo de Chiapas (muy conglomerático) en el que los sedimentos han sufrido poco arrastre entre su fuente de suministro y su lugar de depósito. Este ambiente varía entre deltas y planicies de inundación (Tabla V.1)

#### V.3.f Edad y correlación

Quezada (1975) considera que en la región del Istmo de Tehuantepec, la Formación Todos Santos, tiene un rango estratigráfico que va del Jurásico Medio-Superior.

De acuerdo a Quezada (1975) es correlacionable con la Formación Cahuadas de la zona de Poza Rica. Pudiendo correlacionarse en subsuelo con la Formación Salina que corresponde con los depósitos evaporíticos en cambio lateral de facies de la Formación Todos Santos (Tabla V.1).

### V.3 TRABAJO DE CAMPO Y DE LABORATORIO

Se colectaron 45 muestras de 10 sitios esparcidos en una secuencia de aproximadamente 50 m de espesor.

La magnetización remanente natural (NRM) de las muestras de los 10 sitios colectadas fueron medidos con un magnetómetro de giro Digico.

La estabilidad y composición vectorial de la magnetización remanente natural (NRM) fueron investigadas con desmagnetización térmica y campos magnéticos alternos

CORRELACION ESTRATIGRAFICA					
JURASICO		INF	SAN RICAR DO	C. CHIMA MECA	S. RICARDO
		SUP	TODOS SANTOS	SA LI NA	TODOS SANTOS
		MED			
		INF	andesitas		
CRET.					

Tabla V.1 (Tomada de Sención Aceves 1985)

decrecientes (CMAD) de amplitudes máximas de hasta 95 mT.

Muestras de los diferentes sitios se sometieron a un tratamiento de desmagnetización de detalle. La composición vectorial fué investigada por análisis vectorial usando los diagramas de Zijderveld (1967). En general las muestras presentaron una o dos componentes de magnetización. Entre las que presentan una sola componente se tienen Figuras V.7a-b. Entre las que presentan dos o más se tienen Figuras V.3, V.4, V.5, V.6, V.7.

Los datos de declinación e inclinación de la MRN se graficaron por sitio en una red estereográfica de igual área (Figura V.11). Los parámetros estadísticos de cada sitio fueron calculados y se muestran en el Anexo V.5. En las mediciones se utilizaron desmagnetización por campos alternos.

#### V.4 RESULTADOS PALEOMAGNETICOS

Las direcciones medias de la magnetización remanente natural referidas a la horizontal actual se agrupan alrededor del campo dipolar y campo geomagnético presente del sitio muestreado (Figuras V.11, ver Anexo V.4). Las direcciones medias con corrección estructural de las muestras colectadas de los sitios 1° a 10° se agrupan al norte con declinaciones de 340° a 10° grados e inclinaciones entre 90° y 60° grados (Figura V.12). Las posiciones polares medias con corrección estructural para los sitios 1 a 10 muestran una clara agrupación con longitudes que varían

entre 260 a 320 grados, y latitudes de 10 a 60 grados (Figura V.13; ver anexo V.4). Las direcciones medias de los especímenes piloto con corrección estructural muestran dos tendencias de agrupamiento al este con declinaciones que varían de 10 a 30 grados, e inclinaciones de 0 a 30 grados; y al oeste con declinaciones de 330 a 350 grados, e inclinaciones de 0 a 20 grados (Figura V.14, Anexo V.2). Mientras que las direcciones de los especímenes piloto sin corrección estructural indican que estas se agrupan con declinaciones similares, más sus inclinaciones varían, al este de 40 a 85 grados, y al oeste de 30 a 80 grados (Figura V.15, Anexo V.3).

La desmagnetización de especímenes pilotos hasta 95 mT (Figura V.8 a V.10) da como resultado un ligero decrecimiento en la intensidad inicial y pequeños cambios en dirección, indicando la presencia de minerales con alta coercitividad (serie de la titanohematita).

En algunos casos la extrapolación de los vectores llega al origen (Figuras V.3a, V.4a.4b.4c, V.5b, V.6a, V.7a), pero en algunos casos, componentes indefinidas se encuentran presentes (Figuras V.3b.3c, V.4c, V.6b).

Las curvas del espectro de coercitividad indican la presencia de partículas finas (hematita) las que presentan altas coersitividades (Figuras V.8 a V.10) y además es compatible con la presencia de especularita y titanomagnética.

La dirección media y posición polar para los sitios



FIGURAS V.3 a V.7

Diagramas que muestran la proyección del campo vertical (X,Z; círculos llenos) y del campo horizontal (X,Y; círculos vacíos), de los especímenes piloto, durante el proceso de desmagnetización por campos alternos (mT).

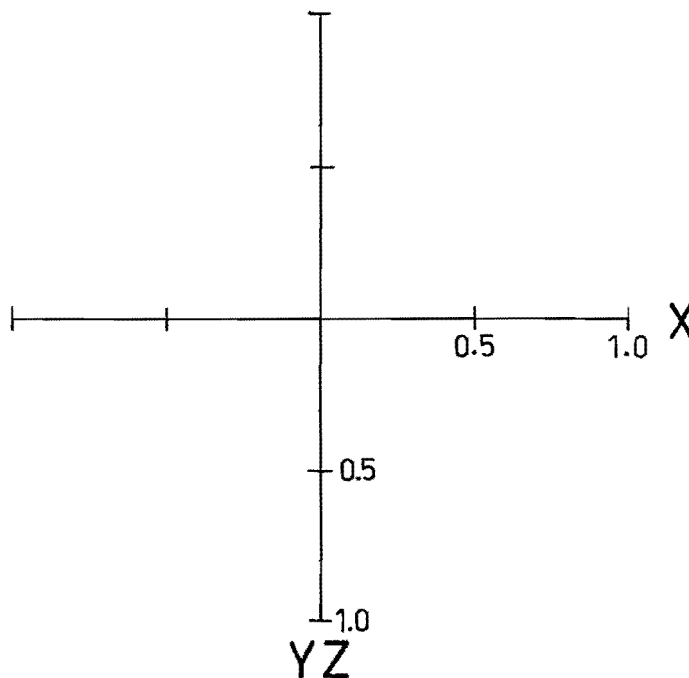
$$X = J/J_0 \cos D \cos I$$

$$Y = J/J_0 \cos I \sin D$$

$$Z = J/J_0 \sin I$$



DEPM



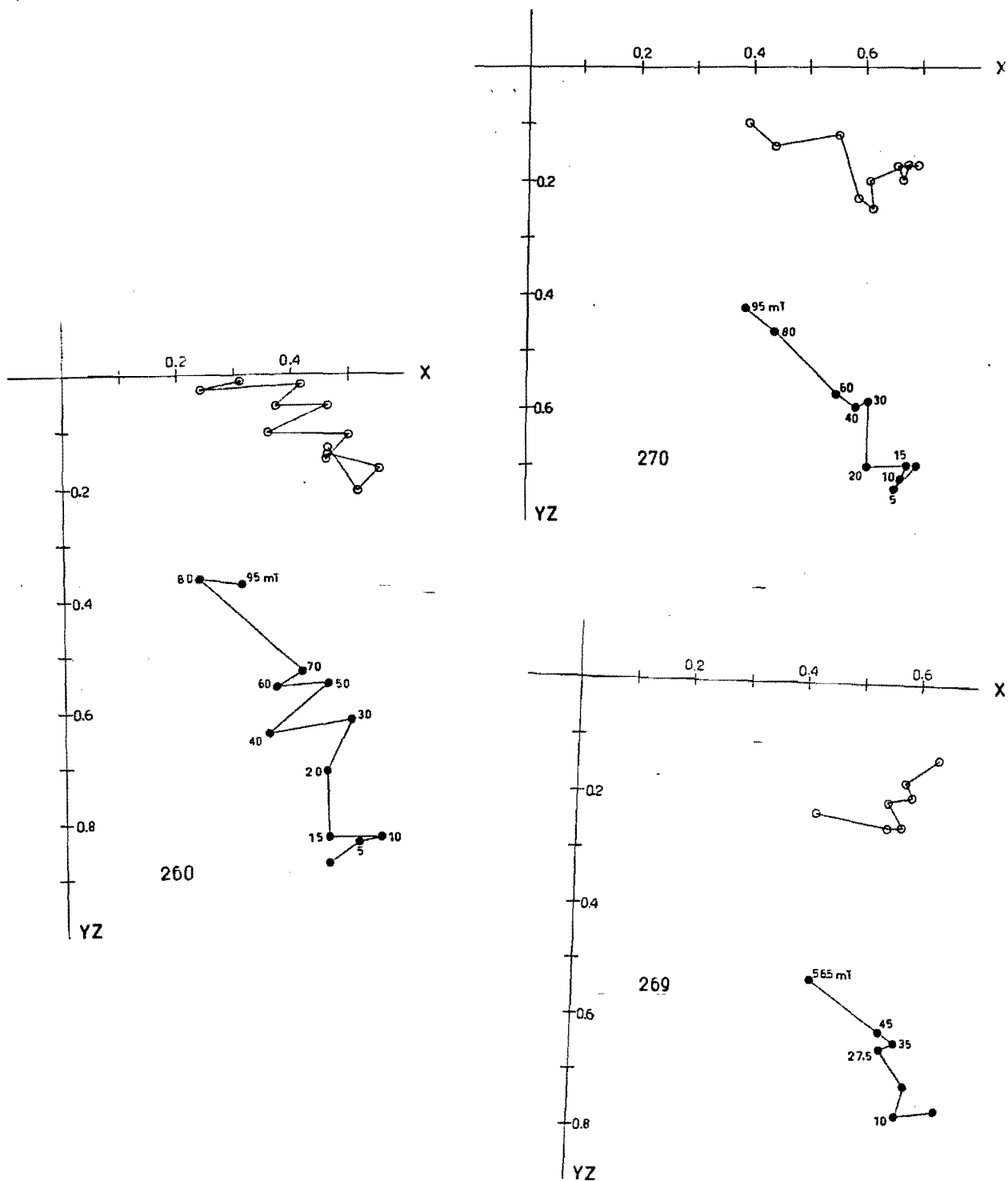


Figura V.3 Diagramas que muestran la proyección del campo vertical (X,Z; círculos llenos) y del campo horizontal (X,Y; círculos vacíos), de los especímenes piloto: 260, 270 y 269.

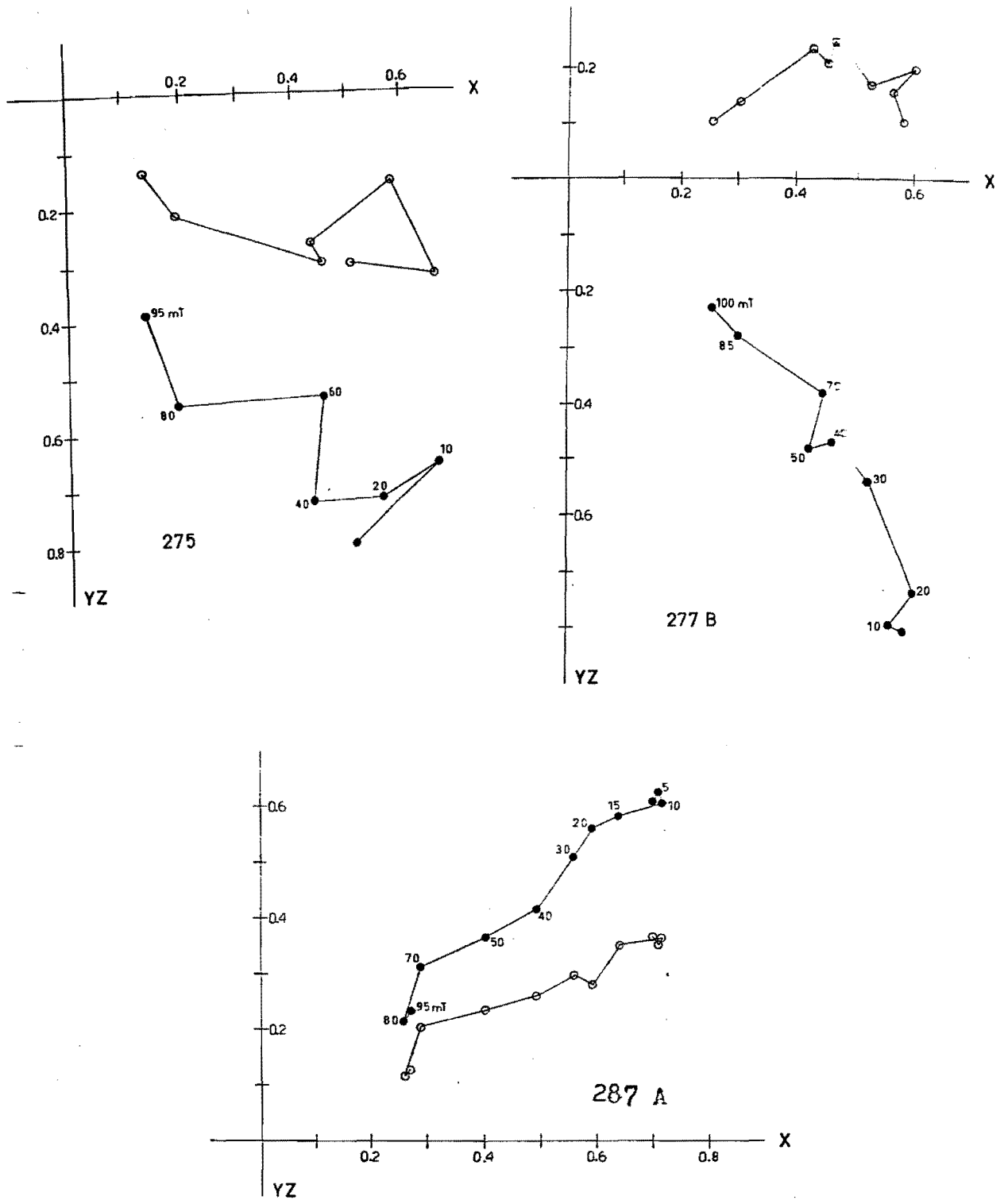


Figura V.4 Diagramas que muestran la proyección del campo vertical (X,Z; círculos llenos) y del campo horizontal (X,Y; círculos vacíos), de los especímenes piloto: 275, 277 B y 287 A.

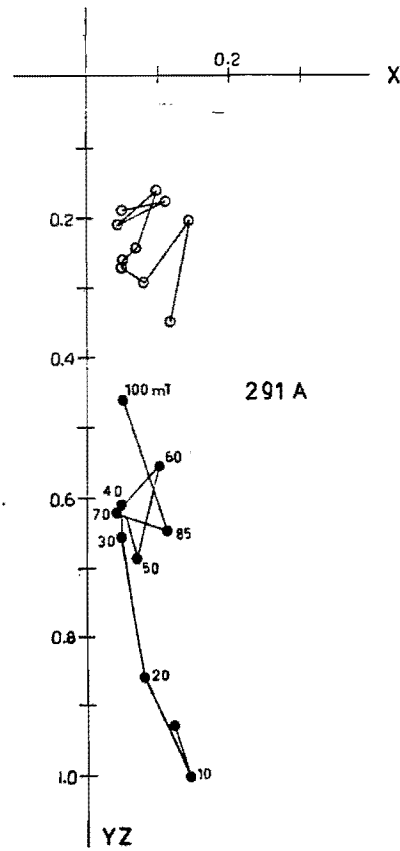
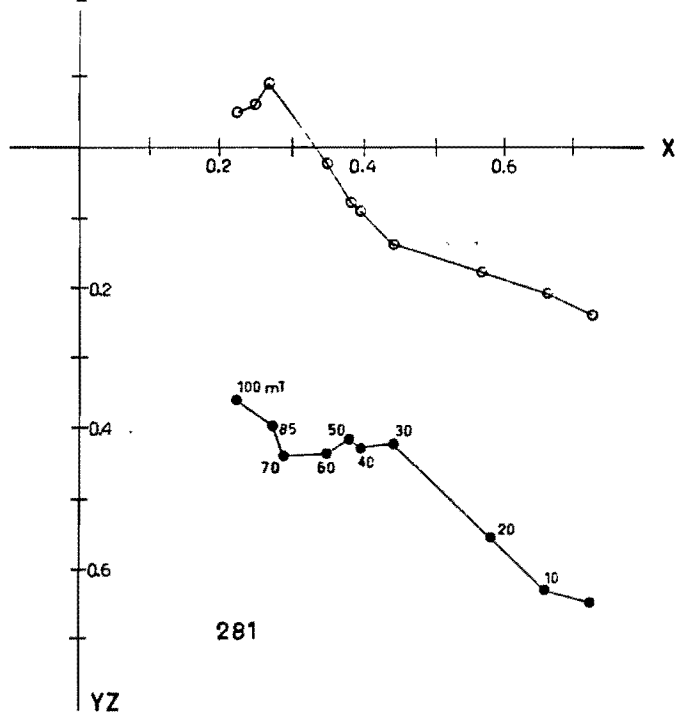


Figura V.5 Diagramas que muestran la proyección del campo vertical (X,Z; círculos llenos) y del campo horizontal (X,Y; círculos vacíos), de los especímenes piloto: 281 y 291 A.

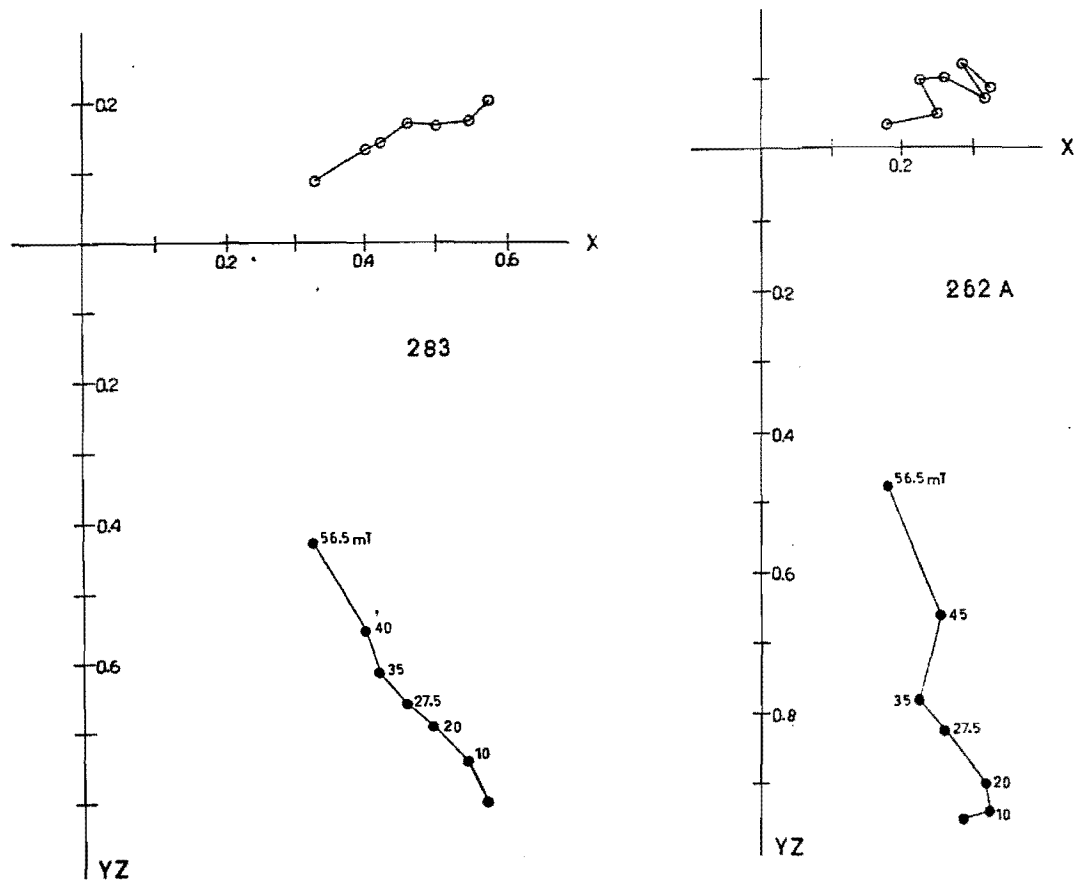


Figura V.6 Diagramas que muestran la proyección del campo vertical (X,Z; círculos llenos) y del campo horizontal (X,Y; círculos vacíos), de los especímenes piloto: 262 A y 283.

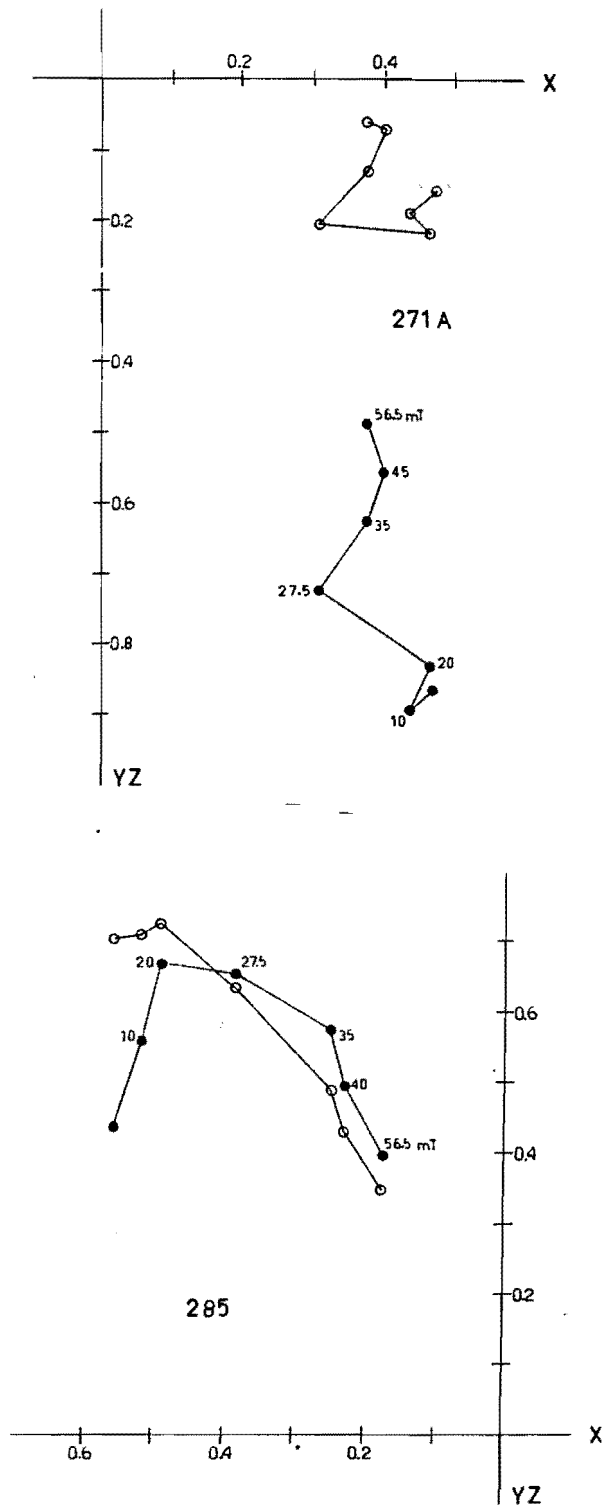


Figura V.7 Diagramas que muestran la proyección del campo vertical (X,Z; círculos llenos) y del campo horizontal (X,Y; círculos vacíos), de los especímenes piloto: 271 A y 285.

se comparan con otros datos del Jurásico de las formaciones Tecamazuchil, Rosario, Zorrillo, Todos Santos y Yucuñuti (Figura V.16)

Los datos base con los que se trabajaron se enlistan en las Tablas (V.2, V.3).

## V.5 DISCUSION

1) La confrontación de las posiciones polares paleomagnéticas de la secuencia de lechos rojos Todos Santos con la curva de deriva para Norteamérica (Irving, 1979; Figura V.16) revela que estas concuerdan con el segmento Triásico-Jurásico de dicha curva.

Esta inferencia indica en primera instancia que si la magnetización es primaria y la edad de esta es Jurásica indica que:

a) El área de estudio en este tiempo tenía estabilidad tectónica relativa a Norteamérica.

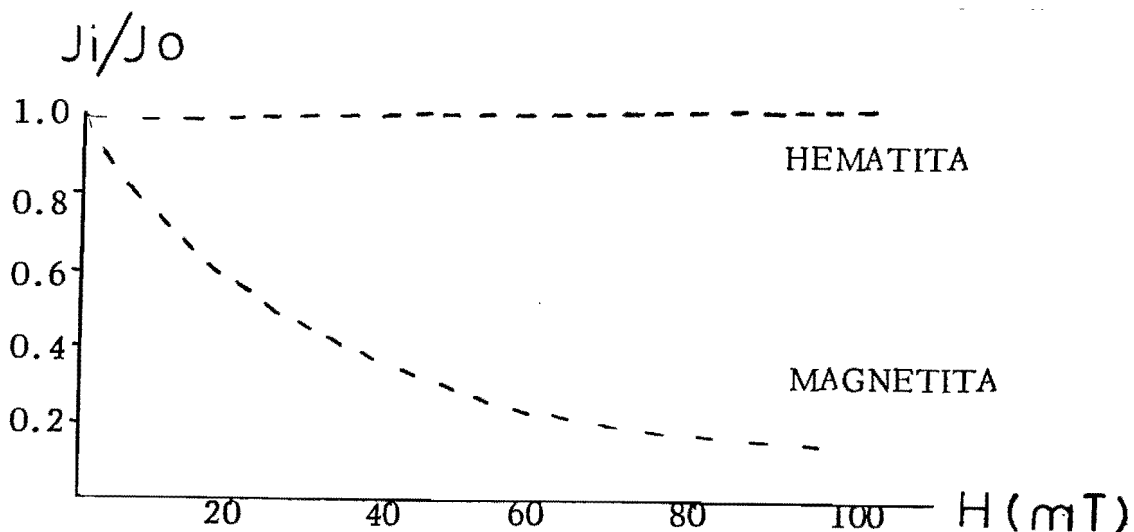
b) El área tuvo desplazamiento W-E, el cual no puede ser estimado con paleomagnetismo.

2) En caso de que las direcciones paleomagnéticas obtenidas de la secuencia de Todos Santos sean resultado de una remagnetización que haya modificado el registro primario, la forma de resolver este problema es llevando a cabo un análisis paleomagnético de las unidades ubicadas en niveles estratigráficos superiores y comparar las direcciones obtenidas de ellas con las direcciones de la

### FIGURAS V.8 a V.10

Diagramas que muestran el desarrollo de algunos especímenes piloto en proceso de desmagnetización. Intensidad remanente normalizada versus campos alternos (CMAD).

Con el aumento del campo desmagnetizador la magnetización remanente debera destruirse completamente ; aunque en algunos casos la alta coersitividad de los minerales constituyentes de la roca impiden que esta sea destruida.





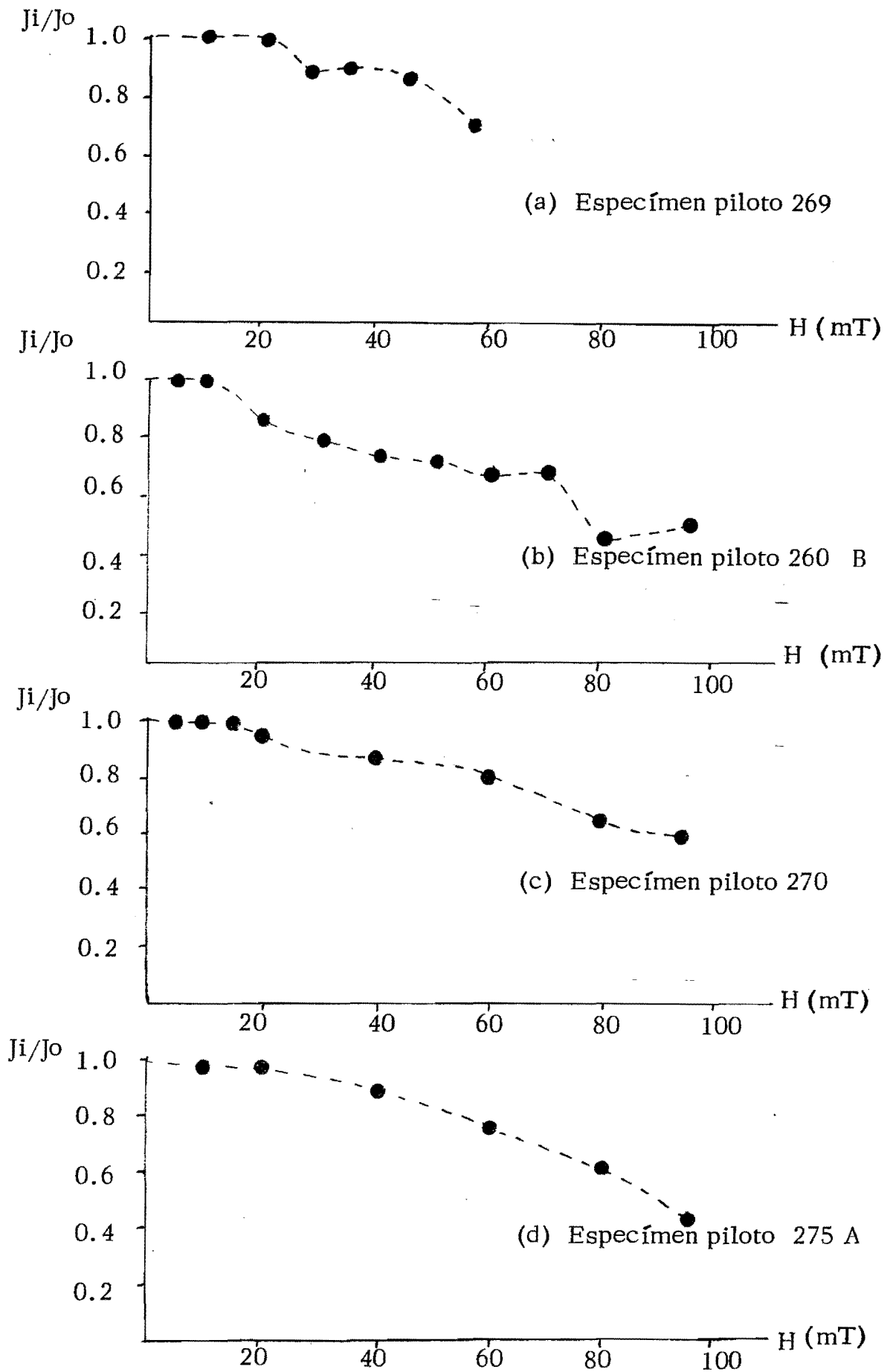


Figura V.8 Diagramas que muestran el desarrollo de especímenes piloto en proceso de desmagnetización

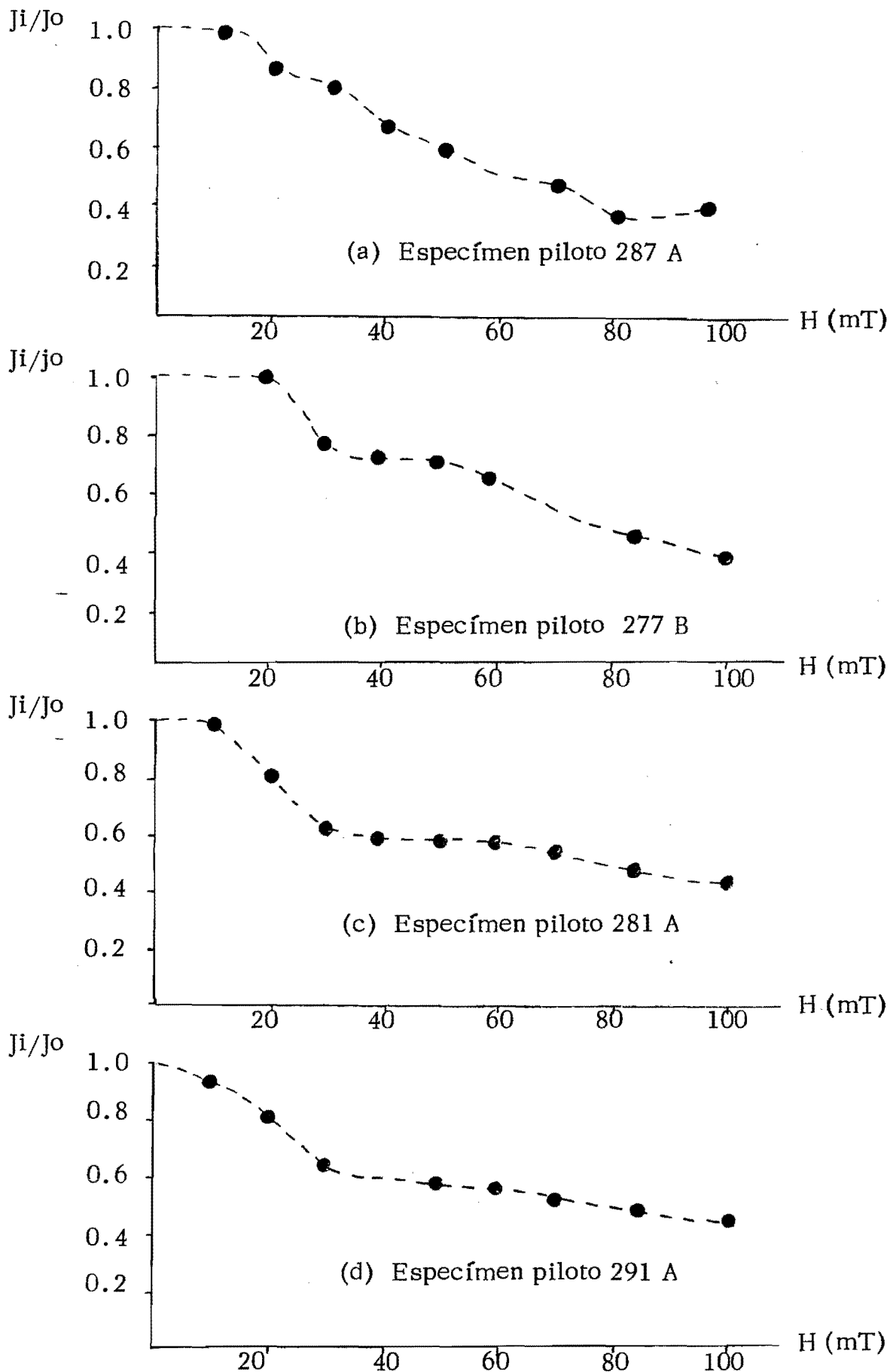


Figura V.9 Diagramas que muestran el desarrollo de especímenes piloto en proceso de desmagnetización

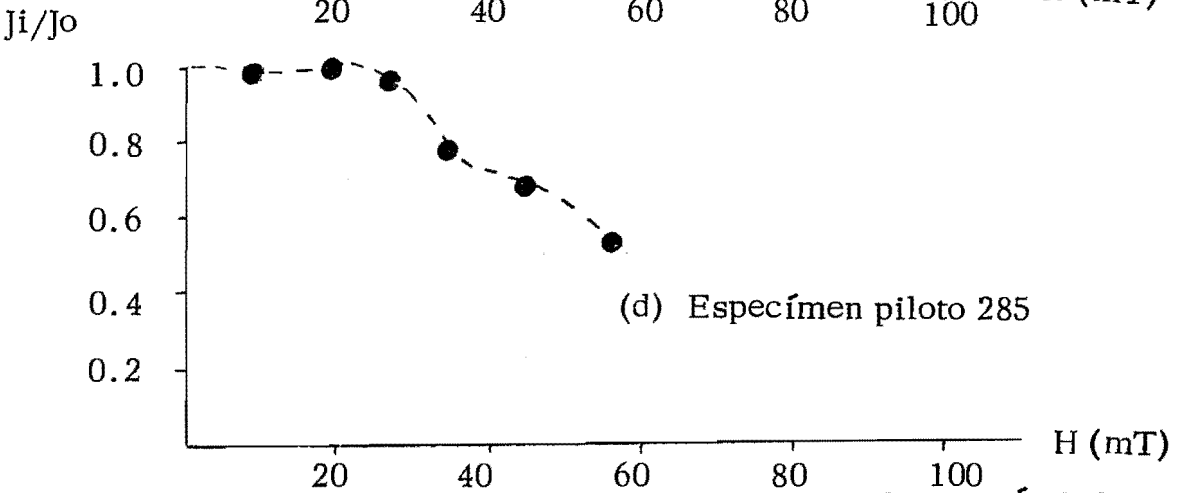
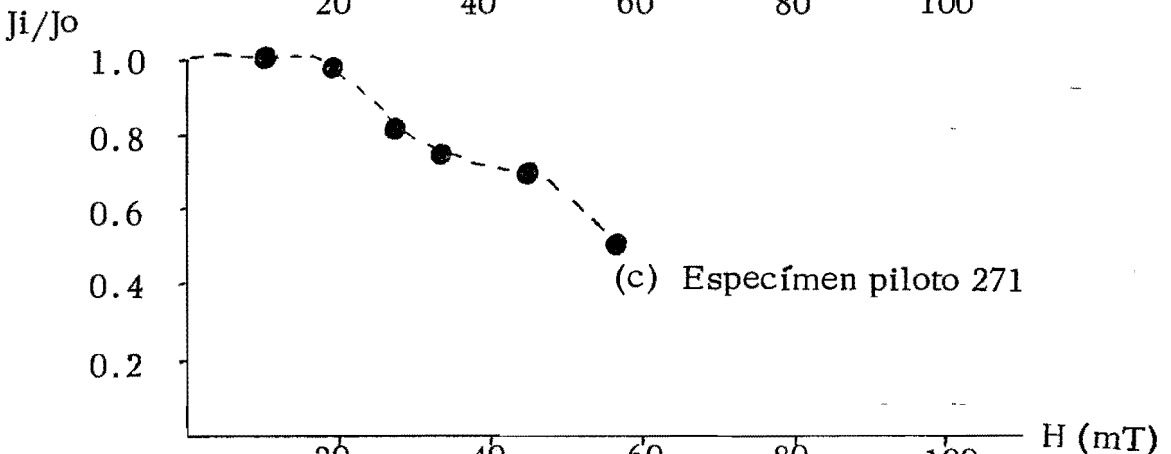
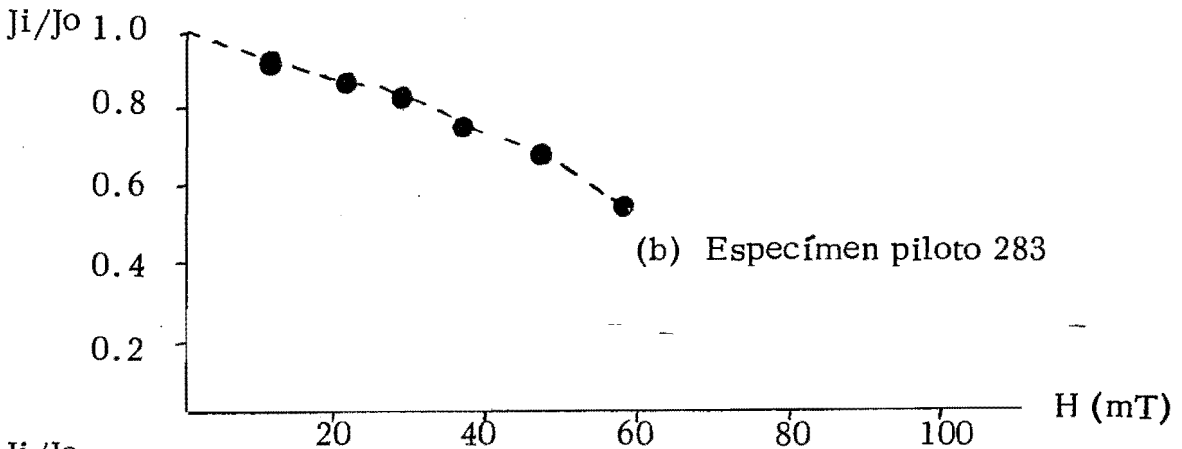
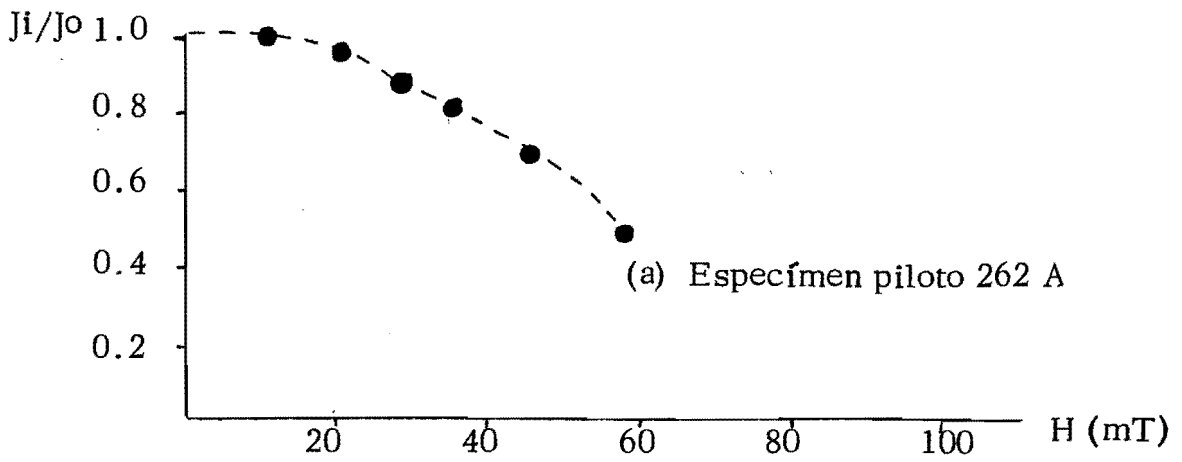


Figura V.10 Diagramas que muestran el desarrollo de especímenes piloto en proceso de desmagnetización

Formación Todos Santos.

3) La concordancia de las direcciones paleomagnéticas para unidades más jóvenes que el Jurásico indicaría una remagnetización. Si, la edad de la magnetización no es Jurásica sino Cretácica o más joven, entonces se tendría una rotación en sentido de las manecillas del reloj. Si la edad de la magnetización es Cuaternaria no se hacen inferencias tectónicas.

4) Existen argumentos valiosos en favor de una magnetización primaria:

a) La inclinación dipolar es diferente a la inclinación observada

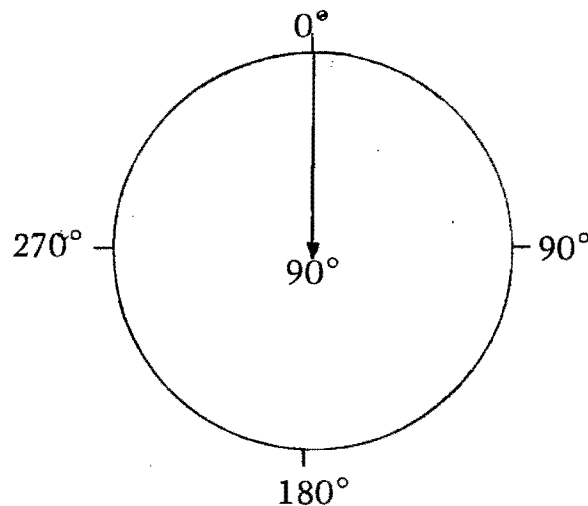
b) La convergencia de las posiciones con la curva de Norteamérica

c) El análisis de los diagramas que muestran el desarrollo de especímenes piloto en proceso de desmagnetización indican que los principales minerales constituyentes son hematita y magnetita, y además que a 50 MT la magnetita es destruida quedando principalmente hematita.

5) Las direcciones paleomagnéticas obtenidas de las formaciones Zorrillo, Rosario y Tecomazuchil (Bohnel, 1985) Tecomazuchil (Urrutia-Fucugauchi, 1980), Todos Santos (Urrutia-Fucugauchi, comunicación personal), de edad

## FIGURAS V.11 a V.15

Las direcciones medias (declinación e inclinación) son gráficasadas en los estereogramas. La declinación de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido de las manecillas del reloj, y la inclinación de  $0^\circ$  en el Ecuador, a  $90^\circ$  en los polos



Los círculos negros y los puntos son positivos, y los círculos abiertos y las cruces son negativos.

En la figura V.13 se graficaron los datos de latitud y longitud.

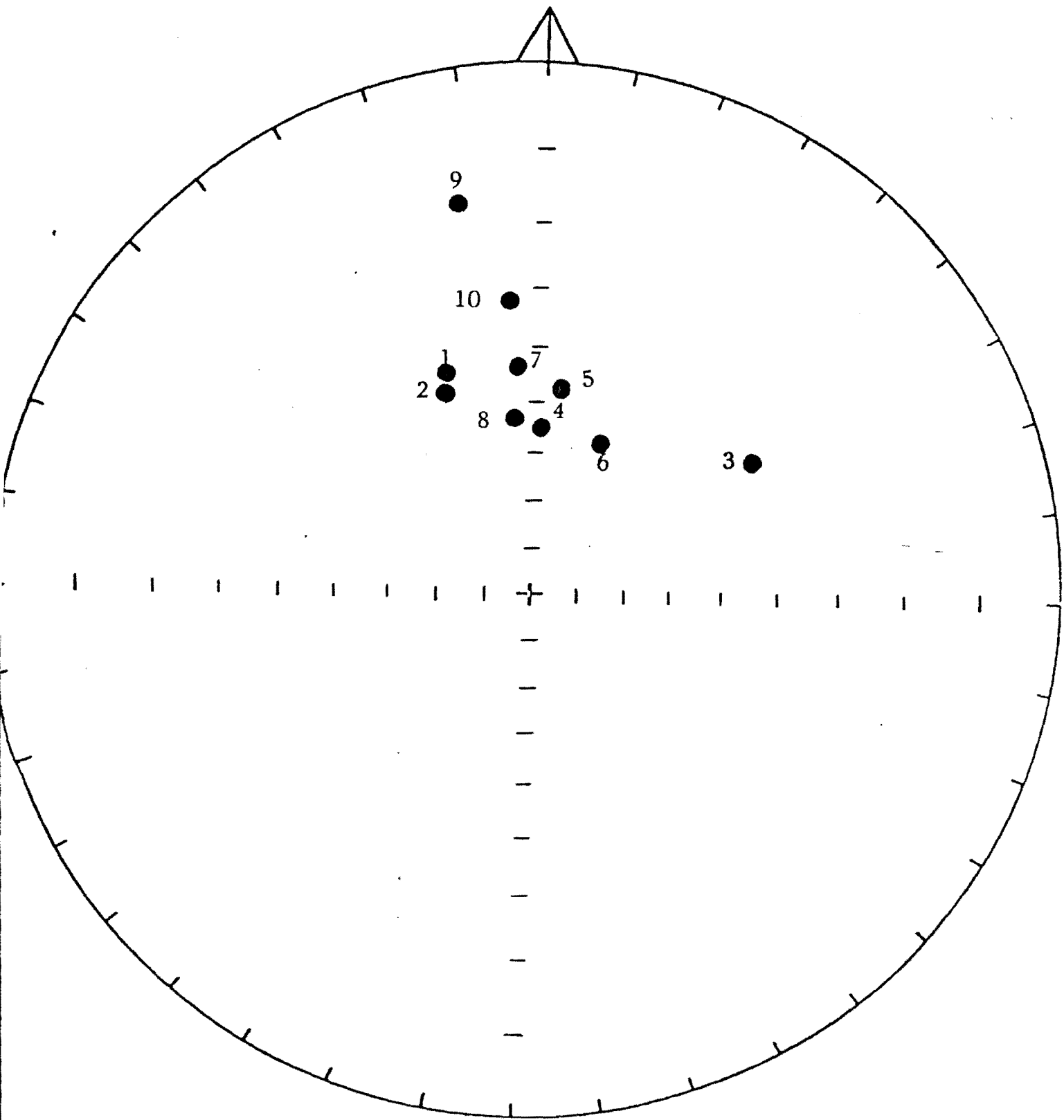


Figura V.11

Proyección estereográfica de las direcciones medias referidas al horizonte actual de las muestras colectadas en los sitios 1 a 10

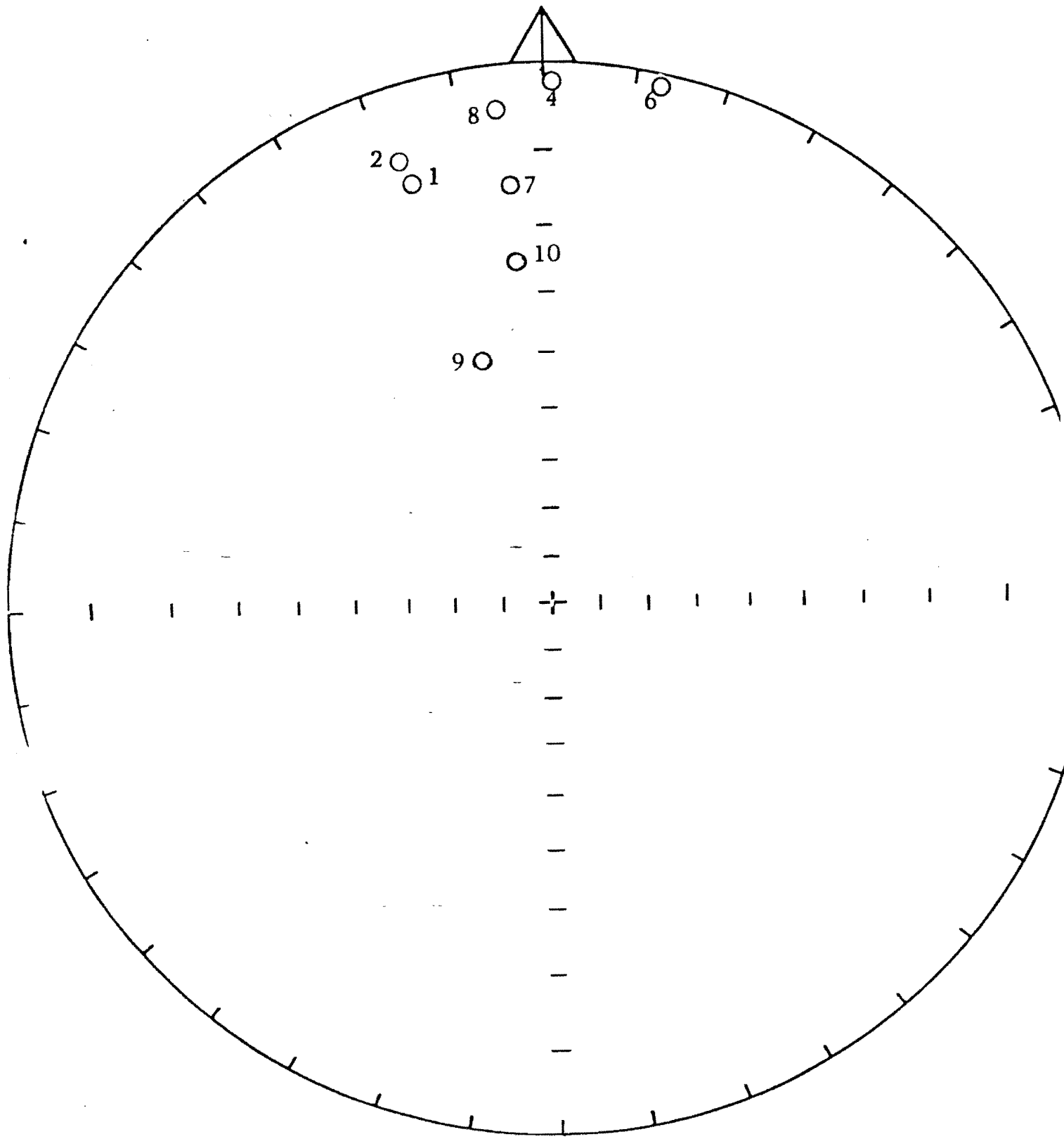


Figura V.12

Proyección estereografica de las muestras colectadas en los sitios 1 a 10 mostrando las direcciones medias con corrección estructural

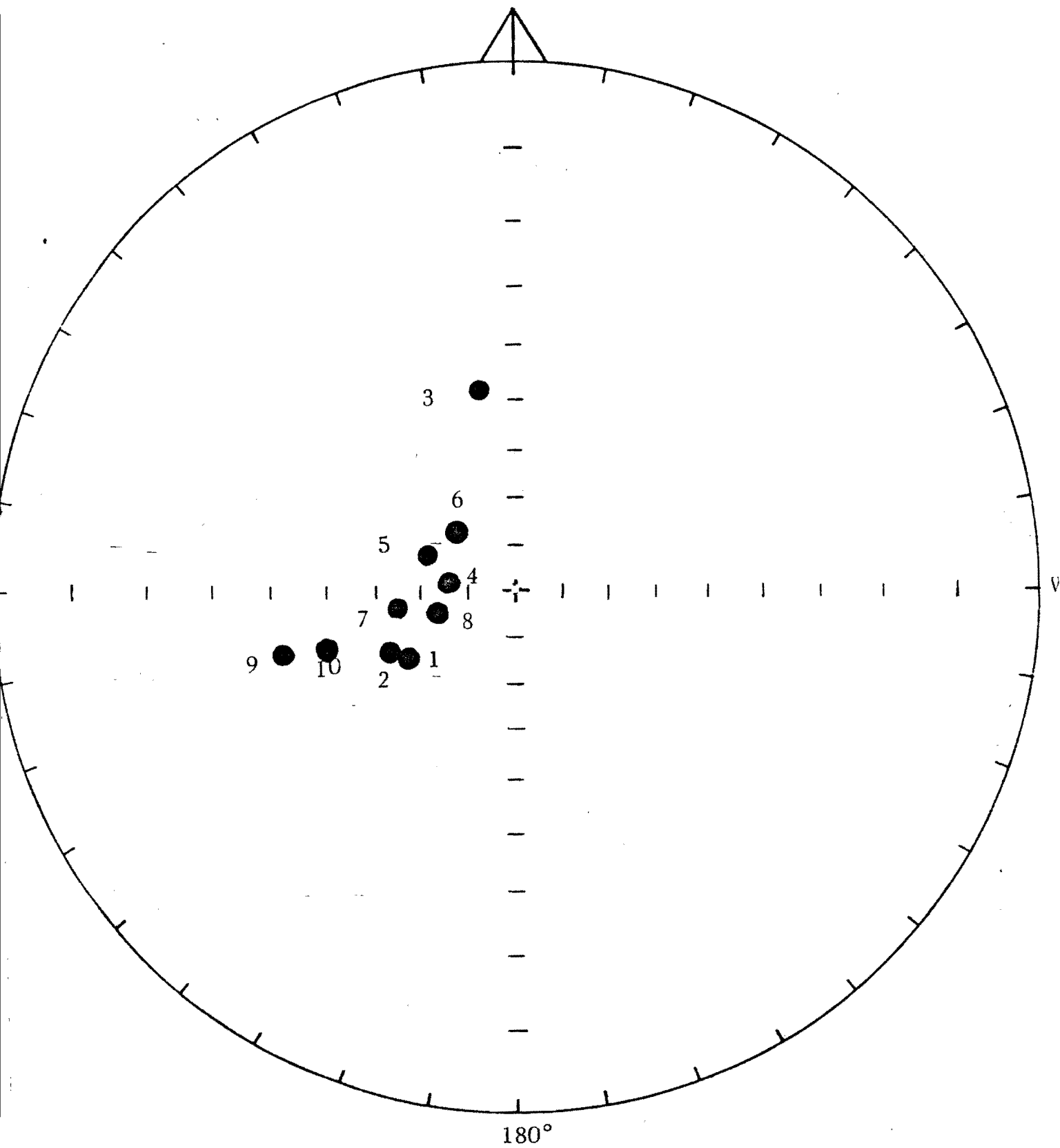


Figura V.13

Proyección estereográfica que muestra las posiciones polares medias para los sitios 1 a 10 sin corrección estructural, donde los datos de latitud y longitud fueron graficados.



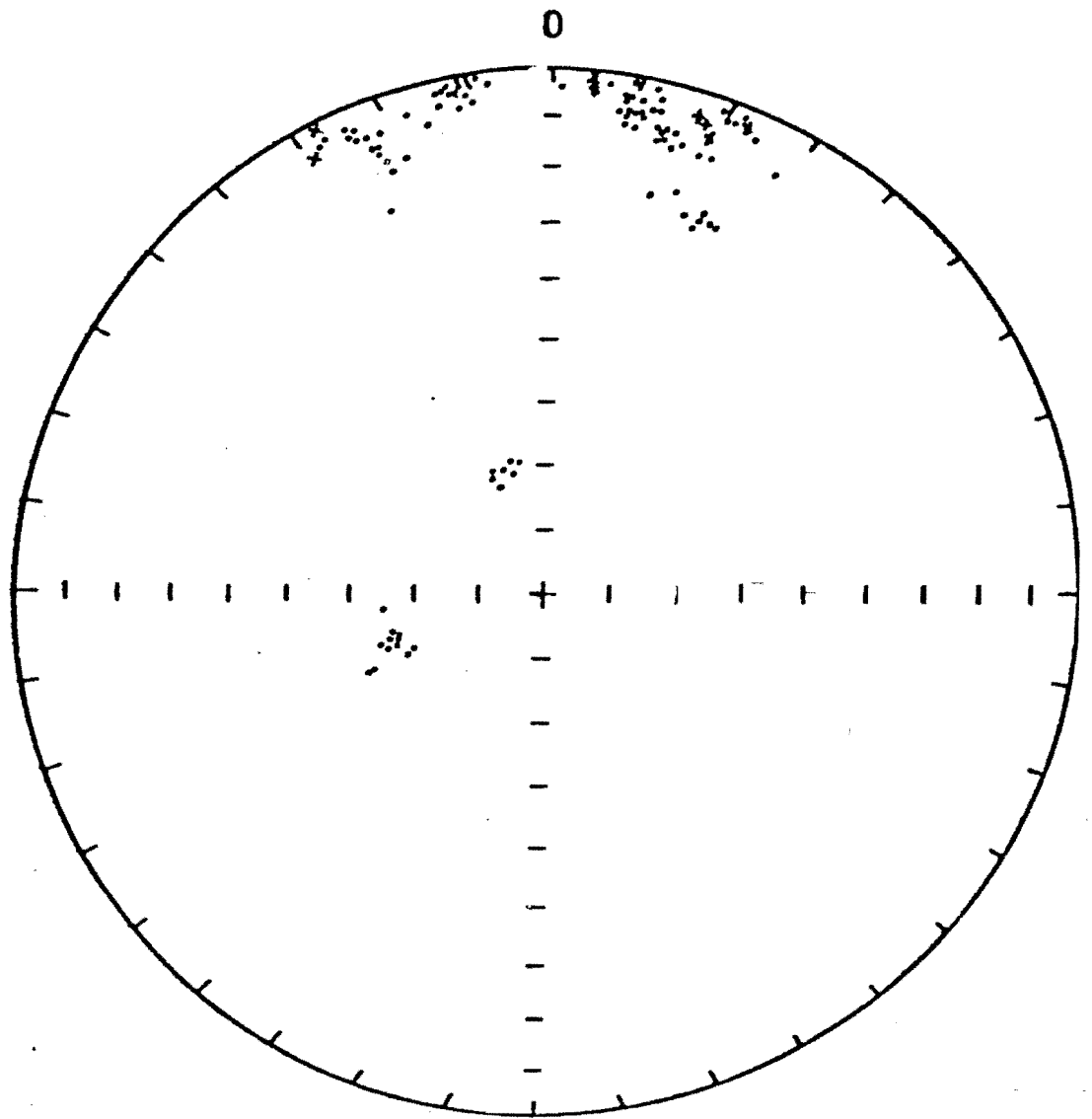


Figura V.14

Diagrama estereográfico con las direcciones medias de todos los especímenes piloto con corrección estructural

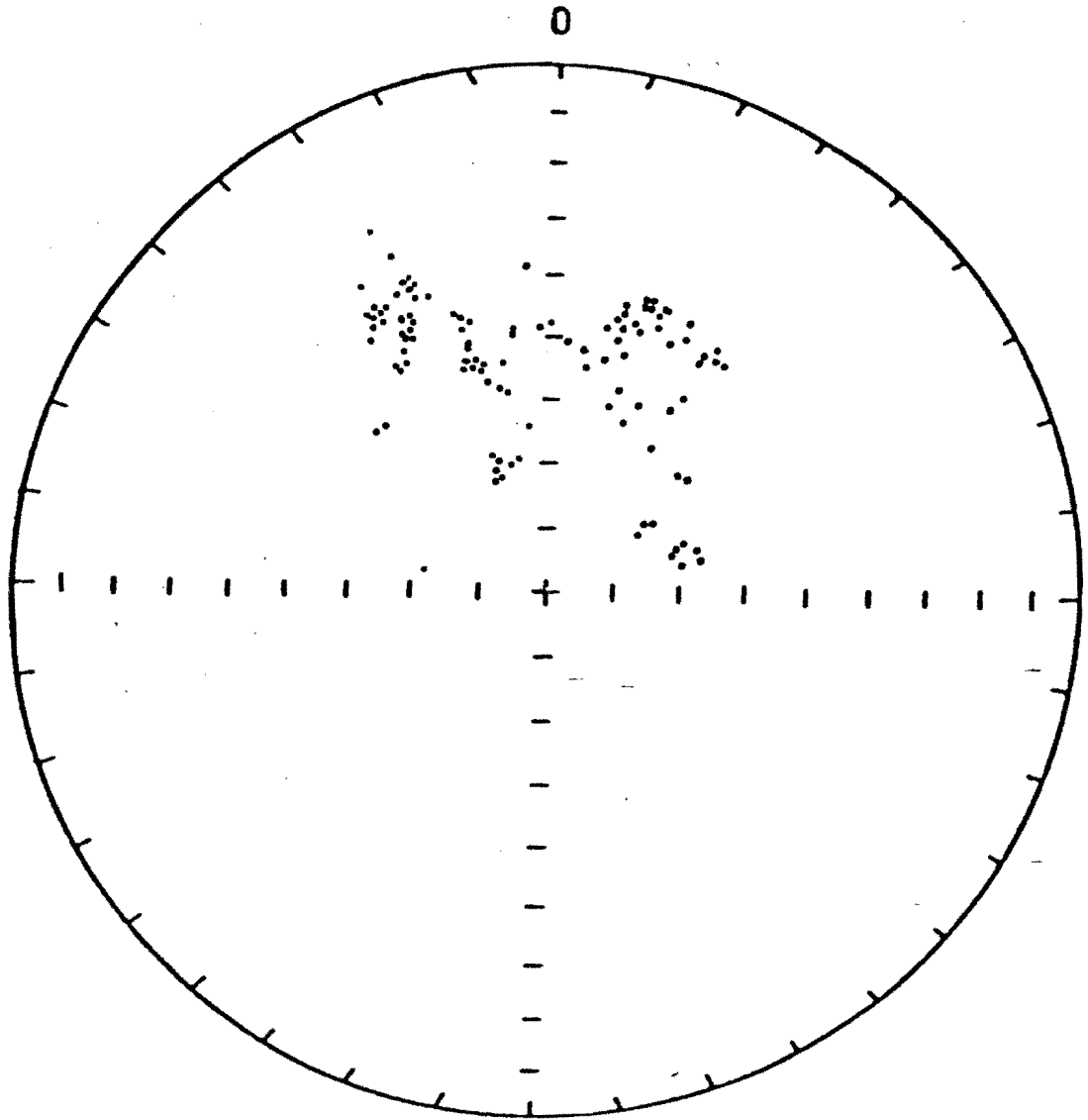


Figura V.15

Diagrama estereografico con las direcciones medias de todos los especímenes piloto sin corrección estructural.

Jurásica; revelan rotaciones significativas con respecto a Norteamérica.

6) Otra posible interpretación tectónica para los resultados paleomagnéticos obtenidos puede ser la consideración de que los terrenos Mixteca y Maya se hayan desplazado, en forma un tanto fortuita, a lo largo de una misma paleolatitud magnética, desplazamiento que no sería perceptible en las posiciones polares obtenidas y su procedencia podría ser tanto del ámbito Pacífico como del Atlántico. Siendo esto último posible, en virtud de que los períodos de deformación del complejo Acatlán tienen afinidad de tiempo con las fases Taconiana y Acadiana de los Apalaches del Norte (Moran-Zenteno, 1985). Esta idea es compatible con la propuesta de Morel e Irving (1980) (ver capítulo 2), referente a la posición original de Sudamérica frente al borde atlántico de Norteamérica, a finales del Paleozoico, y su posterior desplazamiento hacia el Golfo de México a principios del Mesozoico.

7) Por último es posible considerar una interpretación tectónica de las paleoposiciones mencionadas.

a) Para el Calloviano la posición polar preliminar reportada para la Formación Yucuñuti (Morán y González, 1986), indica que esta área se encontraba en el ámbito del Pacífico (Figura V.16), en una posición al NE de su posición actual.

b) La posición polar reportada para la Formación

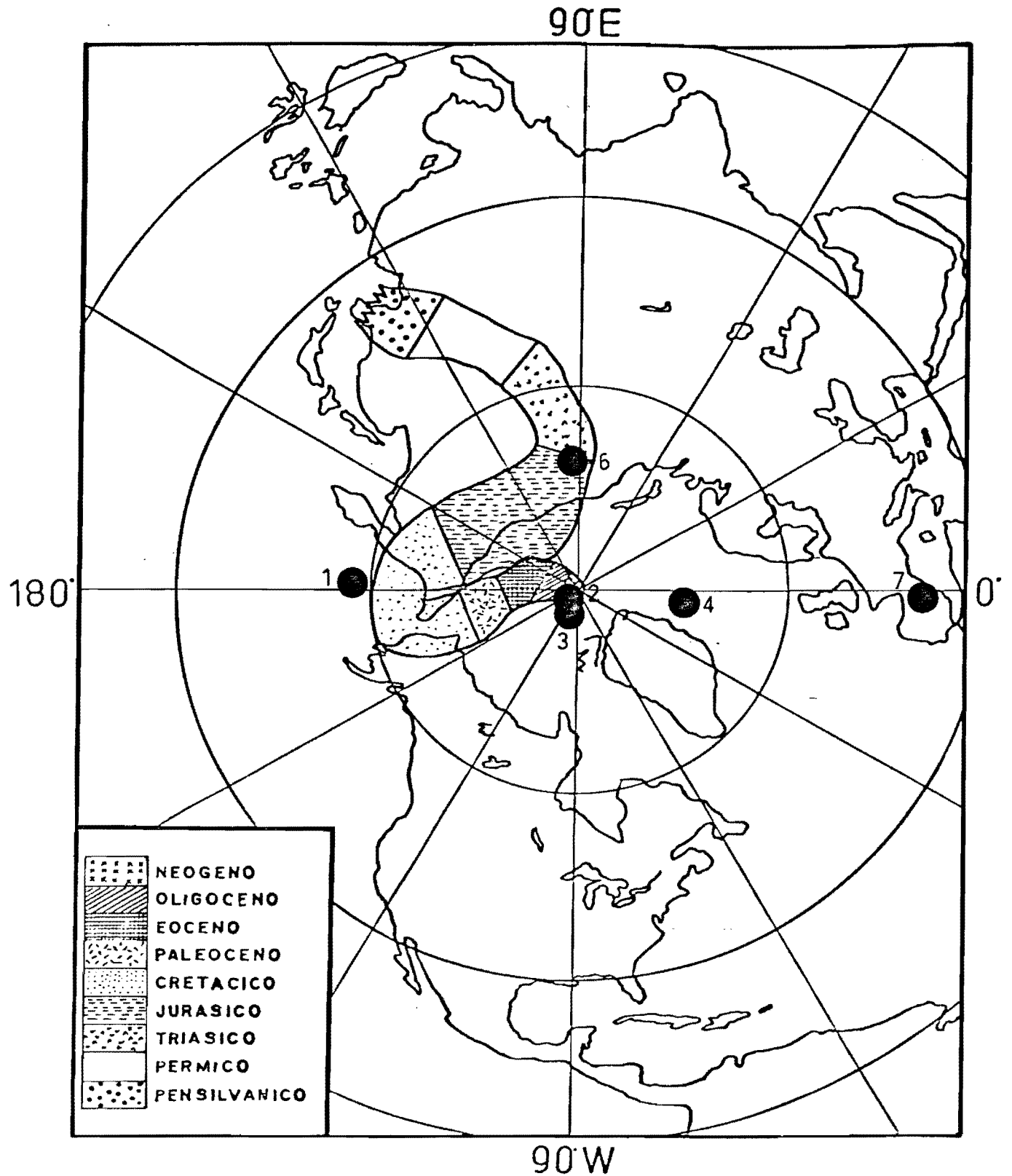
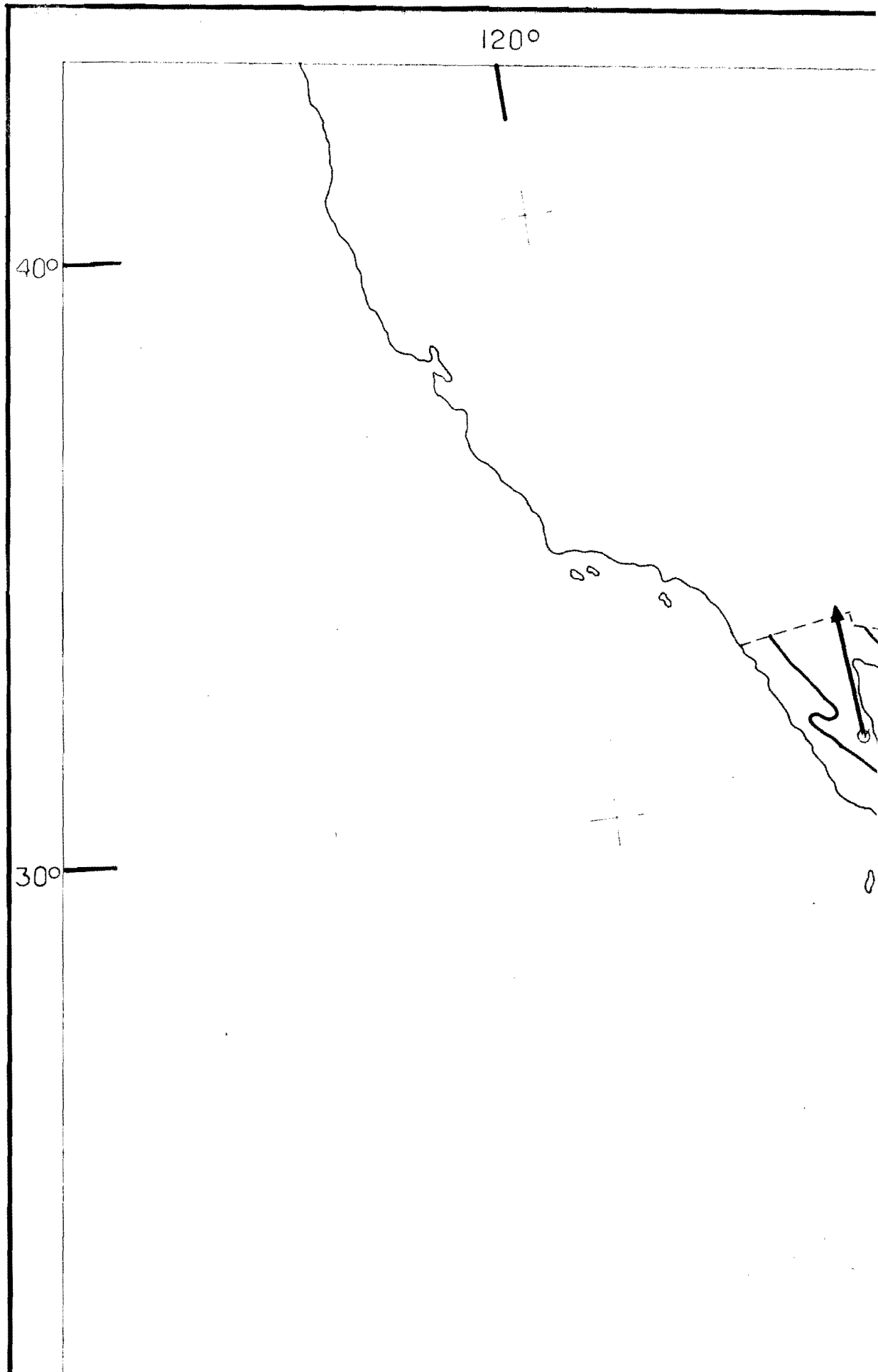


Figura V.16 Paleoposiciones para el Triásico-Jurásico del Sur de México junto con la curva polar aparente para el Cratón de América del Norte (Irving, 1979), (1) Gonzales y Morán, 1986; (2,4,7) Bohnel, 1985; (3,5) Urrutia Fucugauchi, 1983; (6) Este estudio.



110°

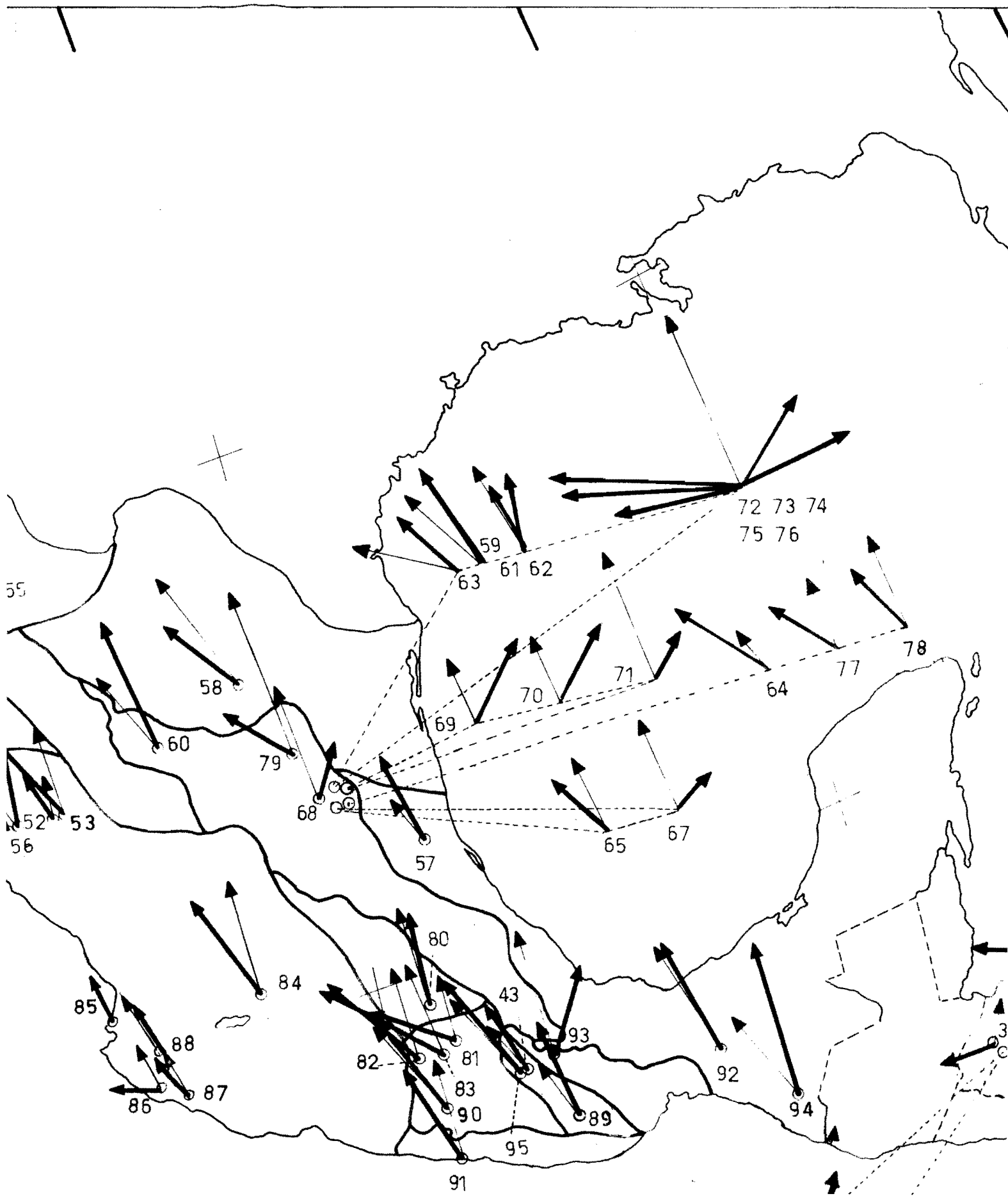
100°



100°

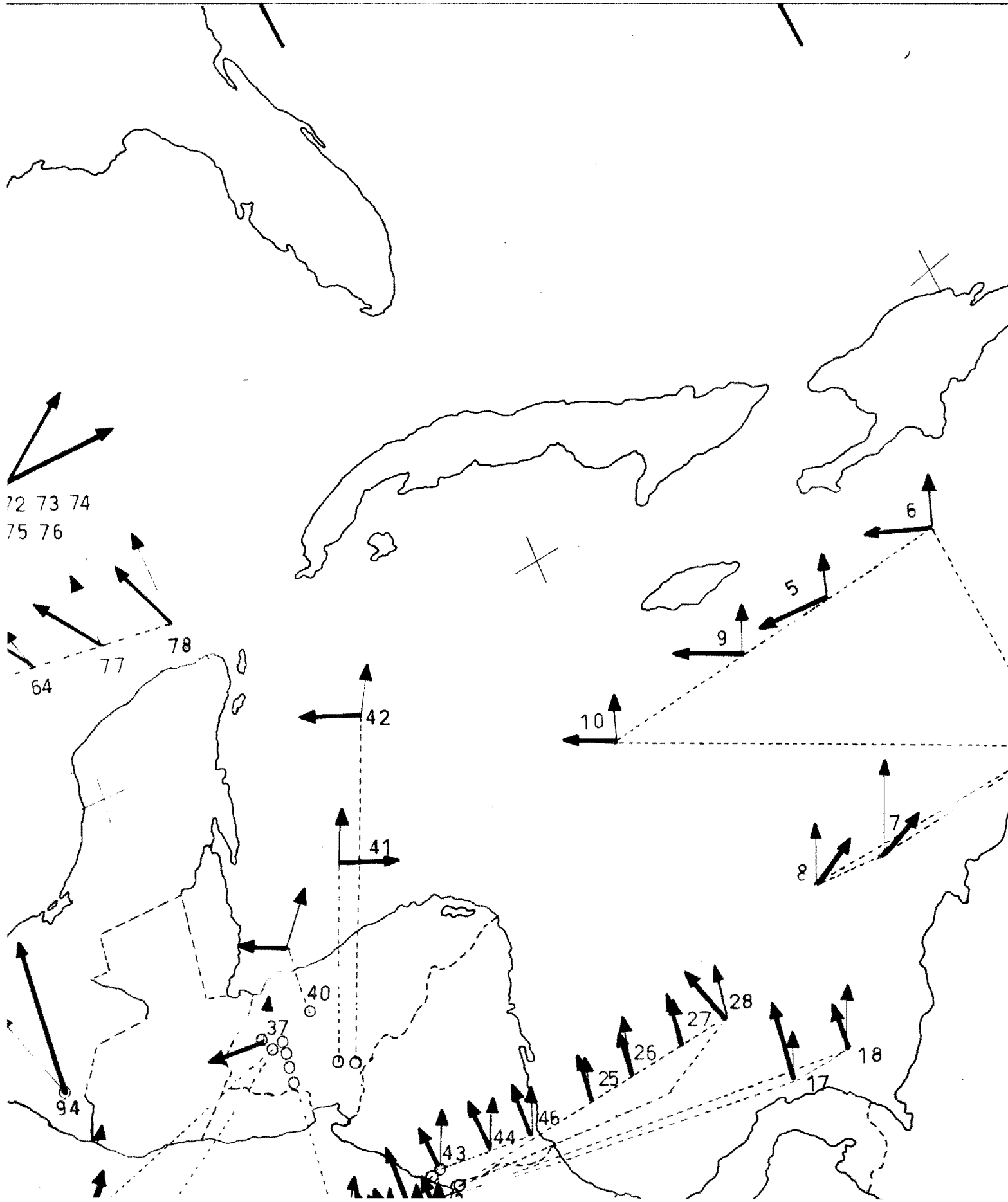
90°

80°



80

70°



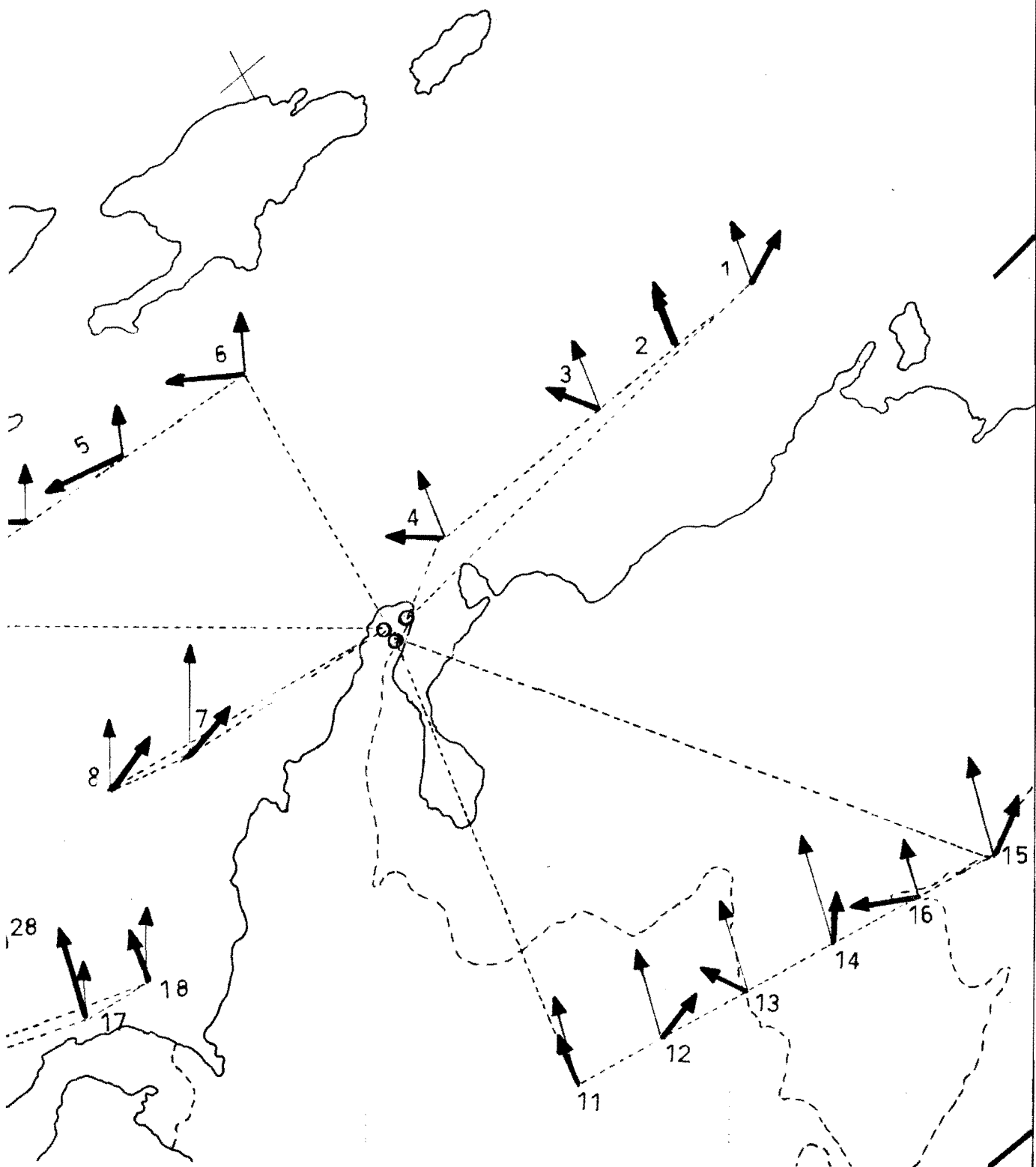


70°

60°

10°

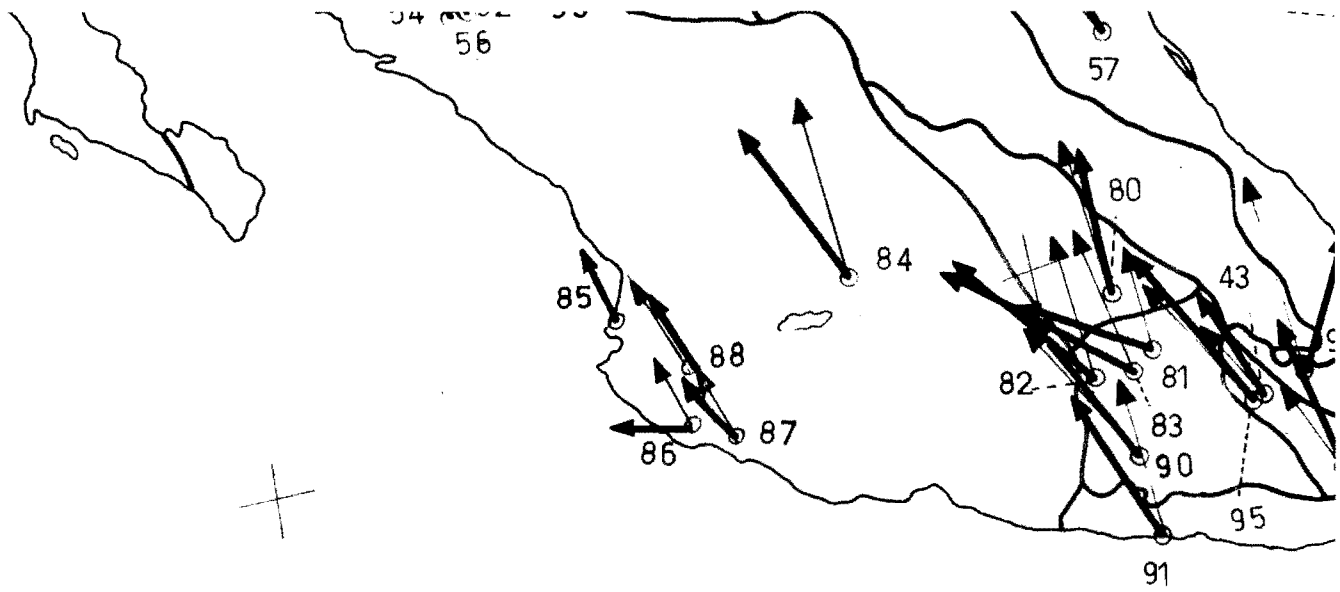
0°



20°

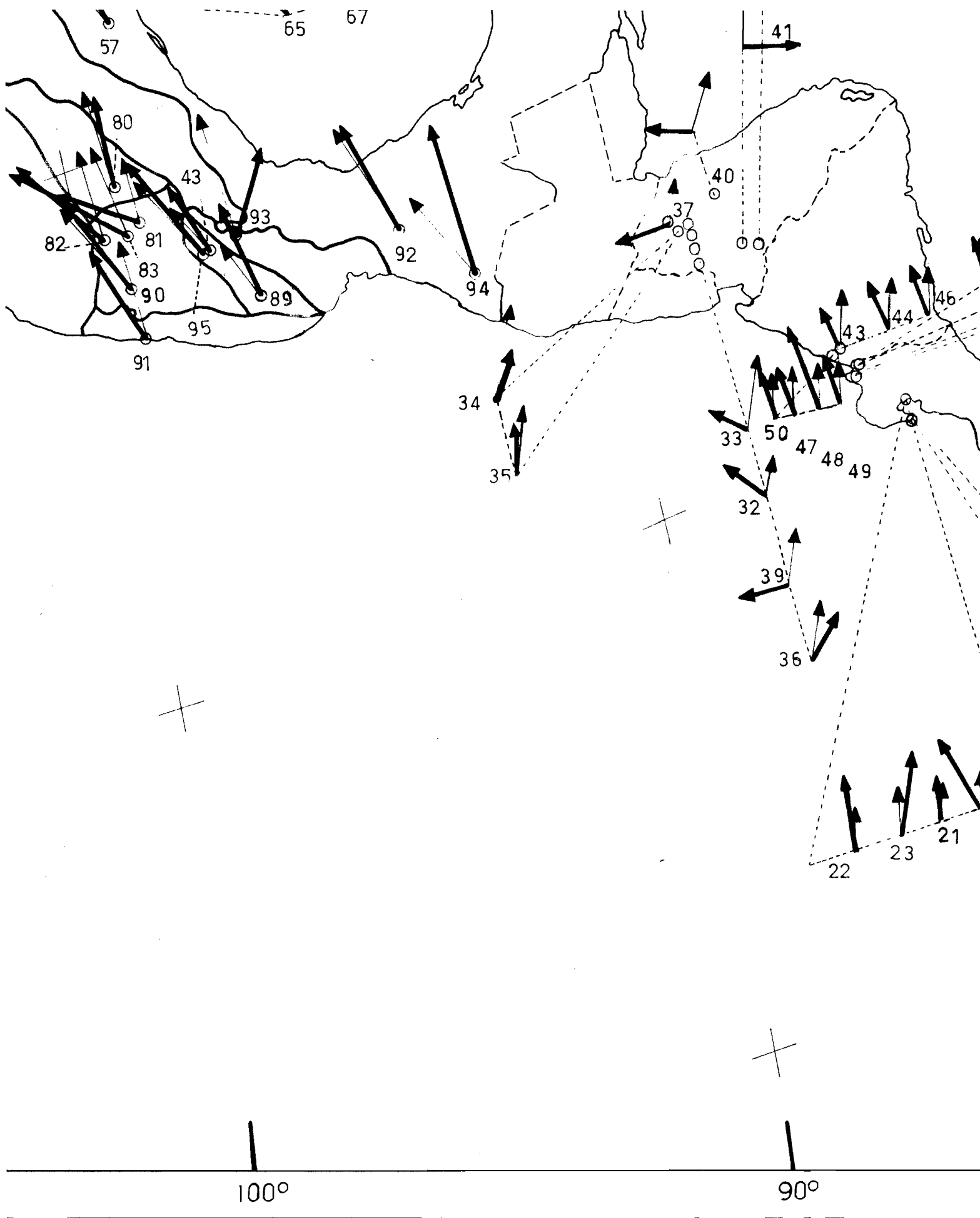
10°

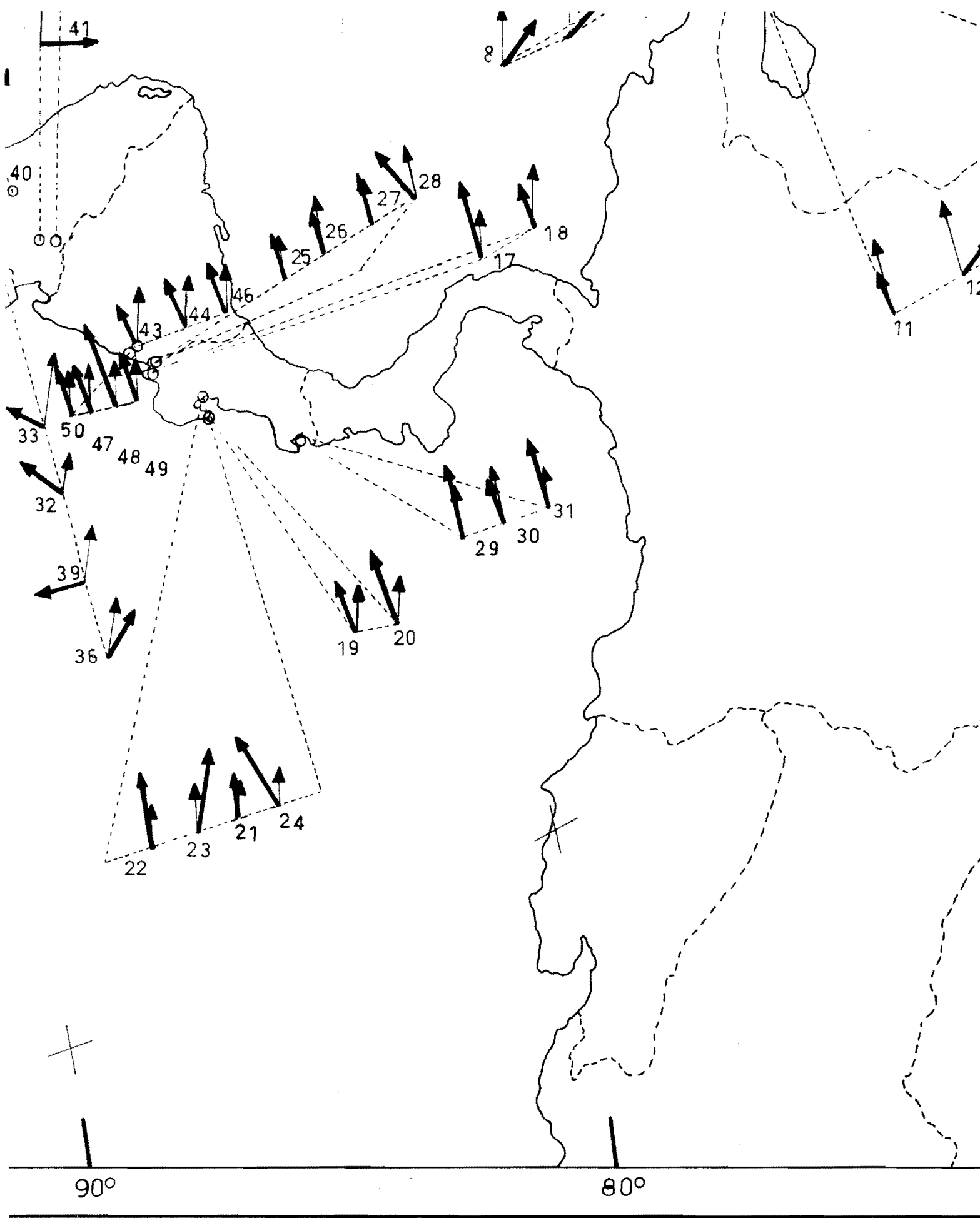
120°

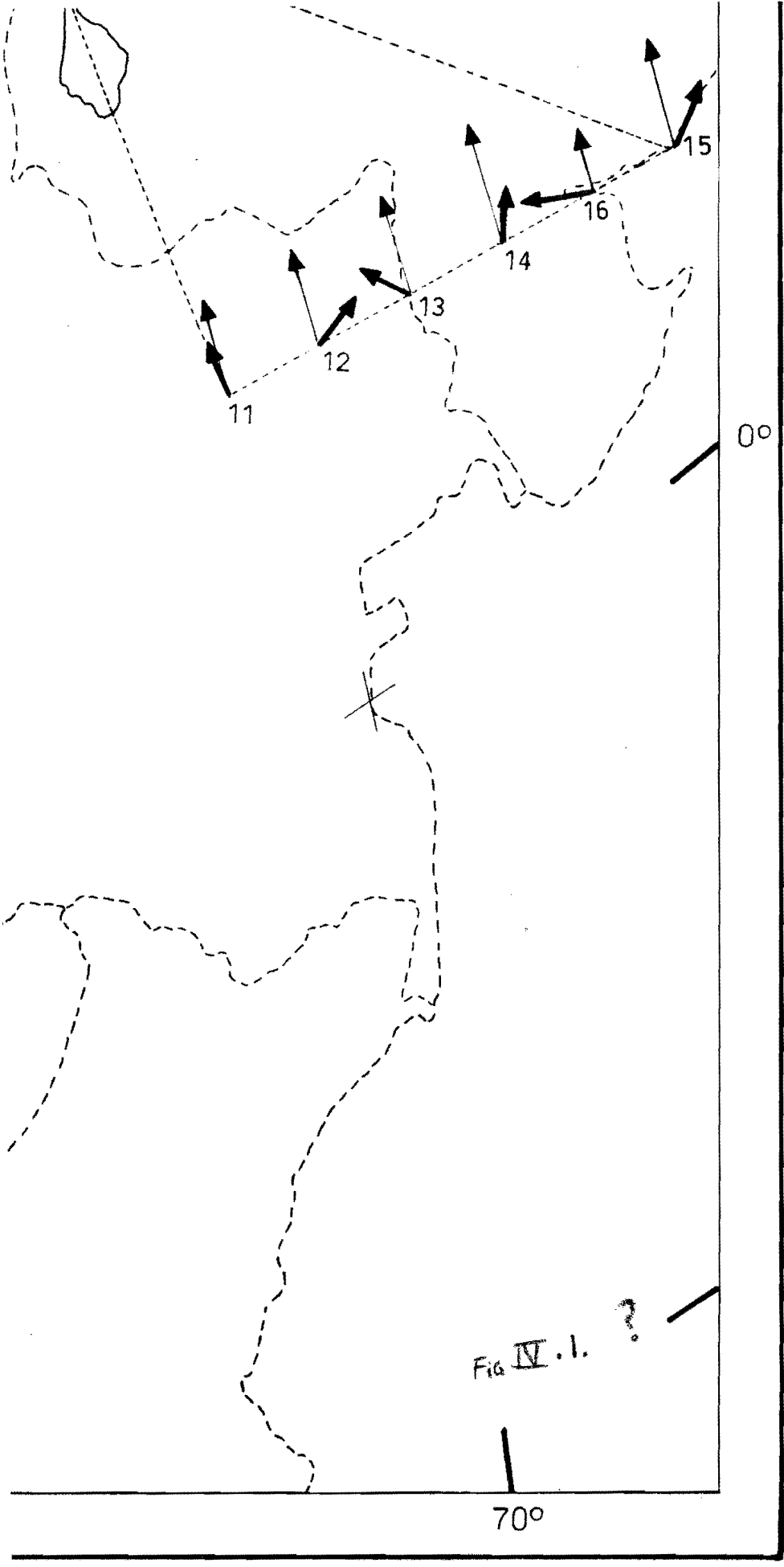


110°

10







Tecomazuchil (Urritia Fucugauchi, 1983), indica que esta área se encontraba en el ámbito del Golfo de México.

c) La posición polar reportada para este estudio propone una aparente estabilidad tectónica.

B) Este estudio apoya las paleoreconstrucciones en las cuales el Golfo de México no se encontraba en su posición actual.

TABLA V.2

Sitio	D	I	K	A 95	No de Muestras
1	343.0	-12.4	45.0	11.5	4
2	342.5	-7.9	12.0	18.1	4
3	41.2	0.2	4.0	27.8	4 *
4	0.9	-1.7	18.0	18.8	4
5	6.3	-8.7	346.0	4.9	6
6	12.9	-0.1	79.0	6.3	5
7	352.8	-9.5	5.0	33.0	5
8	354.9	-4.9	35.0	10.3	4
9	10.2	29.0	6.0	42.0	3
10	354.3	-24.8	3.0	62.9	4
Posiciones Medias			Posiciones Polares		
D = 357.4 ; I = -4.8			Latitud = 70.6		
A95 = 10.4 ; K = 11.6			Longitud = 92.7		

Las direcciones medias de magnetización remanente y parámetros estadísticos para los sitios 1 a 10. Los asteriscos (\*) significan que son datos con altas dispersiones y no fueron tomados en cuenta al calcular la posición polar.



## VI.

## C O N C L U S I O N E S

- 1) Las observaciones de anomalías magnéticas marinas no han permitido documentar la dispersión del fondo oceánico del Golfo de México.
- 2) Las anomalías gravimétricas (Bouguer y Aire Libre), y los datos sismológicos (reflexión y refracción) indican que el centro de la cuenca es corteza oceánica, bordeada por corteza transicional y por corteza continental. Además, estos estudios indican que la corteza de la planicie costera texana es corteza oceánica.
- 3) Para explicar el origen y evolución del Golfo de México se han propuesto una gran variedad de teorías y modelos. Al estudiar los modelos propuestos comparando las edades involucradas en la evolución del Golfo se observó:
  - a) Un rango amplio en las edades estimadas para las distintas etapas de evolución del Golfo de México.
  - b) En la mayoría de los modelos planteados los estudios paleomagnéticos no fueron considerados.
- 4) El estudio paleomagnético de los datos de áreas adyacentes al Golfo de México (Colombia, Centroamérica, y México) indican que no todas las paleoreconstrucciones del área son apoyadas por paleomagnetismo. Estos estudios indican que América Central, y el sureste de

México son un conjunto de terrenos rotados y desplazados. Por tal motivo, el tipo de paleoreconstrucción que implique que esta área ha permanecido estable y que el Golfo de México en general ha conservado su forma actual (Belousov, 1960; etc.) puede descartarse.

- 5) Los datos paleomagnéticos en general implican movimientos laterales izquierdos de México a lo largo de las principales zonas de cizallamiento E-W y NW-SE, apoyando las paleoreconstrucciones (Pilger, 1978; Dickinson y Coney, 1980; Walper, 1980; Pindell y Dewey, 1982; Anderson y Schmidt, 1983; Pindell, 1985; Padilla y Sánchez, 1985) que involucran este tipo de movimientos.
- 6) Los resultados paleomagnéticos de los Lechos Rojos Todos Santos indican que durante el Jurásico Medio hubo relativa estabilidad tectónica.
- 7) La comparación de las posiciones polares reportadas por este estudio y otros (ver capítulo V) indican dentro de un contexto tectónico que:
  - a) En el Pacífico existió una tierra positiva.
  - b) En el Golfo de México existió una tierra positiva.
  - c) El área de Todos Santos en el Jurásico tuvo relativa estabilidad tectónica.
- 8) Un estudio paleomagnético sistemático y detallado de las áreas adyacentes al Golfo de México sería de gran

utilidad para lograr una paleoreconstrucción que reuniera los requerimientos para entender su evolución

Los requerimientos para una paleoreconstrucción son los siguientes:

- a) Marco de comparación de movimientos relativos entre los macrobloques (Norteamérica, Sudamérica, y África), y los microbloques (Yucatán, Honduras-Nicaragua, etc.).
- b) Paleogeografía de las áreas adyacentes al Golfo de México.
- c) Marco de referencia paleogeográfica de los macrobloques (Norteamérica, Sudamérica y África) para fines del Paleozoico.
- d) Paleogeografía y movimientos relativos de los microbloques que se encuentran bordeando al Golfo de México y Mar Caribe.
- e) Explicar los datos geológicos y geofísicos del Golfo y áreas circunvecinas.

El paleomagnetismo es el mejor calificado para cuantificar movimientos relativos entre áreas diferentes, por lo cual es indispensable en cualquier tipo de paleoreconstrucción.

## A N E X O IV.I

En los estudios paleomagnéticos la dirección de magnetización de una muestra esta dada por la declinación (D), medida en sentido de las manecillas del reloj, y la inclinación (I), medida positivamente de la horizontal. La dirección puede estar especificada por tres cosenos directores:

Componente N	=	$l = \cos D \cos I$
Componente E	=	$m = \sin D \cos I$
Componente	=	$n = \sin I$

$$z = F \sin I \Rightarrow \sin I = \frac{z}{F}$$

$$H = F \cos I \Rightarrow \cos I = \frac{H}{F}$$

$$x = H \cos D \Rightarrow \cos D = \frac{x}{H} = \frac{x}{F \cos I} \Rightarrow x = F \cos D \cos I$$

$$y = H \sin D \Rightarrow \sin D = \frac{y}{H} = \frac{y}{F \cos I} \Rightarrow y = F \sin D \cos I$$

Los cosenos directores (x,y,z) de la resultante de las direcciones de magnetización son proporcional a la suma de los cosenos directores separados y estan dados por:

$$x = \frac{\sum l_i}{R} ; \quad y = \frac{\sum m_i}{R} ; \quad z = \frac{\sum n_i}{R}$$

y el vector suma de estos vectores unitarios:

$$R^2 = (\sum l_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2$$

y la declinación e inclinación medias estan dadas por:

$$\tan D_m = \frac{\sum m_i}{\sum l_i} = \frac{y}{x} ; \quad \sin I_m = \frac{\sum n_i}{\sum R} = \frac{z}{R}$$

$$D_m = \operatorname{tg} \left( \frac{-1}{x} y \right) \quad ; \quad I_m = \operatorname{sen}^{-1} (z)$$

La mejor  $k$  estimada del parametro de estimación esta dada para  $N \gg 3$  (Fisher, 1953).

$$k = \frac{N-1}{N-R}$$

Siendo  $N$  en numero de direcciones estudiadas.

El grado de dispersión se calcula mediante el semiangulo ( $\alpha$ ) de un cono circular situado alrededor de  $R$  y que agrupe a los puntos con un nivel de confianza  $P$ .

$$\cos \alpha = 1 - \frac{N-R}{R} \left\{ \frac{1}{\left( \frac{1}{P} \right)^{\frac{1}{N-1}}} - 1 \right\}$$

Por lo general en estudios paleomagnéticos a  $P$  se le asigna un valor de 0.05 lo que equivale a un cono de confianza del 95%.

$$\alpha_{95} = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{N-R}{R} \left( \frac{1}{20} \right)^{\frac{1}{N-1}} \right)$$

### Cálculo de Paleoposiciones

El termino de paleoposiciones en paleomagnetismo significa, paleolatitudes o paleomeridianos.

Las posiciones sobre la tierra estan definidas por latitud ( $\lambda$ ) y longitud ( $\phi$ ).

Las paleoposiciones ( $\lambda_p, \phi_p$ ) y los polos paleomagnéticos ( $P \text{ lat}, P \text{ long}$ ) estan relacionadas por:

$$\lambda_p = \sin^{-1} (\sin \lambda_r \sin \text{Plat} + \cos \text{Plat} \cos (\text{Plong} - \varphi_r))$$

$$\varphi_p = \sin^{-1} (\sin^{-1} (\sin \cos \text{Plat} / \cos \lambda_p))$$

$$\theta = \begin{cases} \text{Plong} - \varphi_r & \text{si ; } \sin \lambda_p > \sin \lambda_r \sin \text{Plat} \\ \varphi_r + 180 - \text{Plong} & \text{si ; } \sin \lambda_p < \sin \lambda_r \sin \text{Plat} \end{cases}$$

Si la localización del sitio de muestreo esta expresado en terminos de una latitud ( $\lambda_s$ ) y longitud ( $\varphi_s$ ) geográficas, entonces la latitud ( ) y longitud ( ) del polo correspondiente estan determinados por:

$$\lambda_p = \sin^{-1} (\sin \lambda_s \sin \lambda + \cos \lambda_s \cos \lambda \cos D)$$

$$\varphi_p = \varphi_s + \sin^{-1} (\cos \lambda \sin D / \cos \lambda_p)$$

Cuando la paleoposición esta determinada de un sitio muestreado del cual el polo paleomagnético fué derivado o simplemente de un sitio del cual conocemos su dirección paleomagnética, entonces tenemos que:

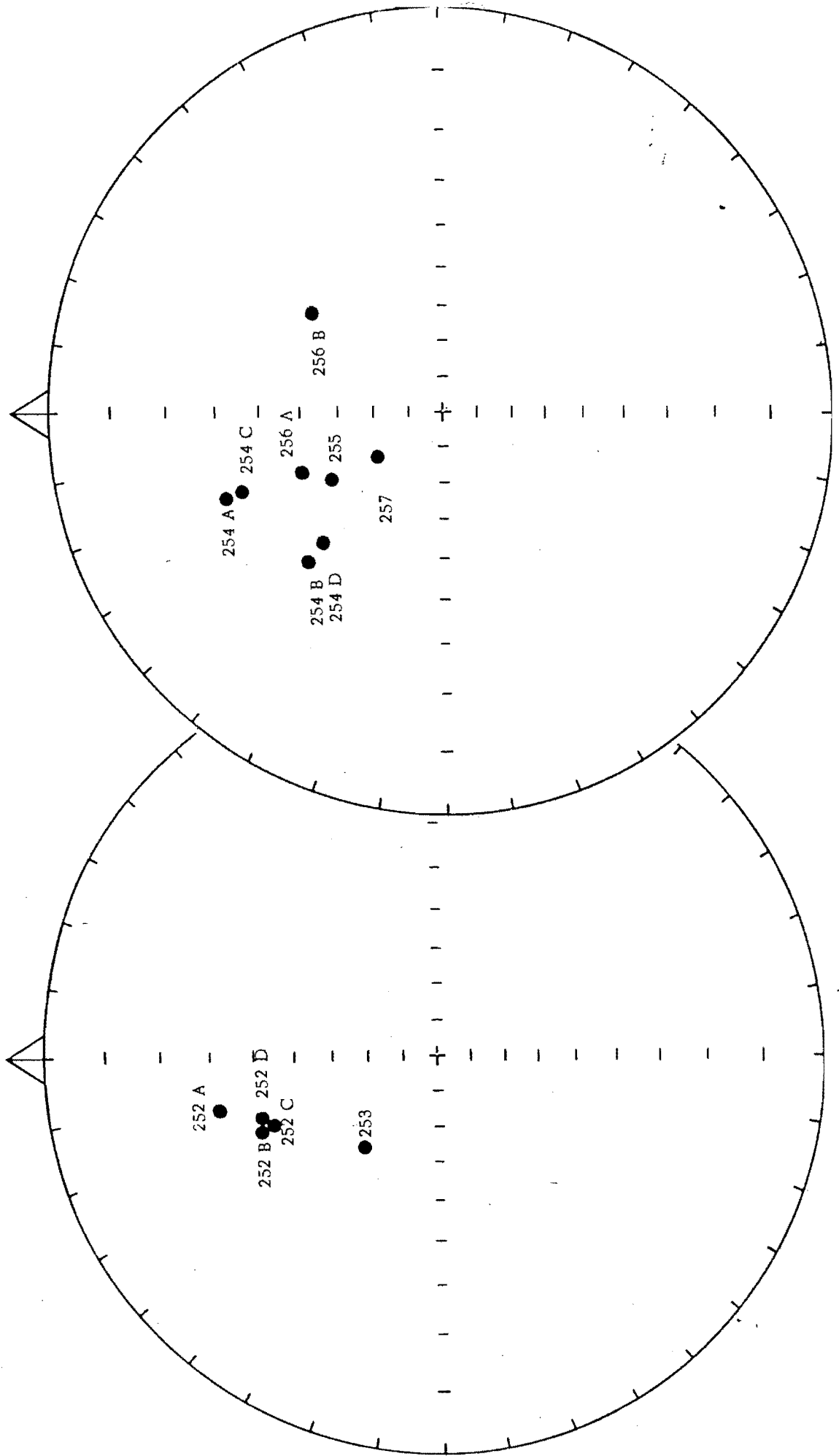
$$\lambda_p = \tan^{-1} \left( \frac{1}{2} \tan I \right)$$

$$\varphi_p = \begin{cases} D_m \text{ o } D_m - 180 & \text{si ; } 0^\circ < D_m < 180^\circ \\ D_m - 360 \text{ o } D_m - 180 & \text{si ; } 180^\circ > D_m > 360^\circ \end{cases}$$

## A N E X O V.1

Diagramas que muestran la proyección estereográfica de las direcciones (inclinación de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ ; declinación de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ), referidas al horizonte actual de los especímenes que componen a cada sitio (1 al 10).

Los círculos llenos (vacíos) son inclinaciones mayores (menores) que cero.



SITO 2

SITO 1      Figura V.1.2

Figura V.1.1



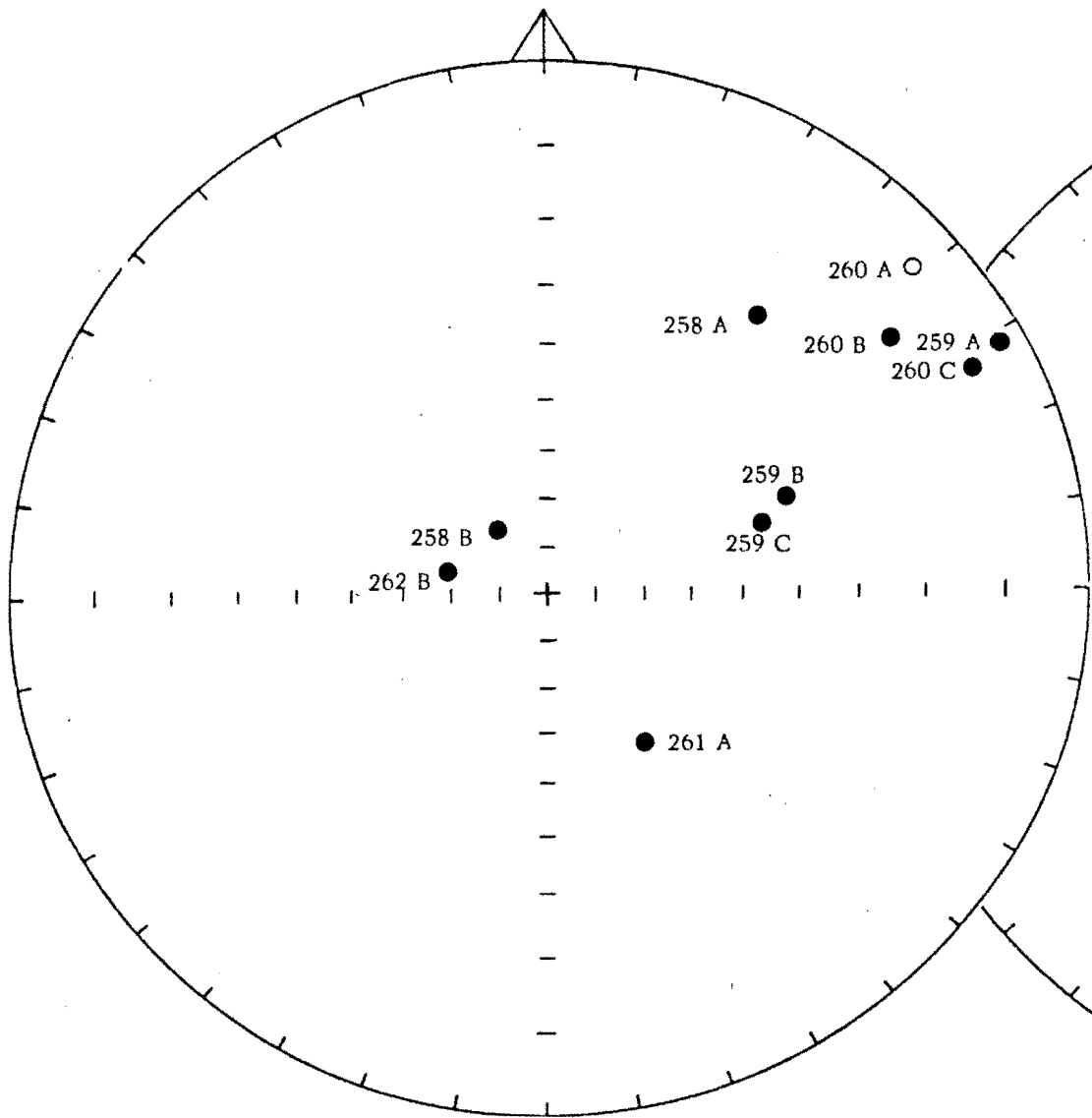
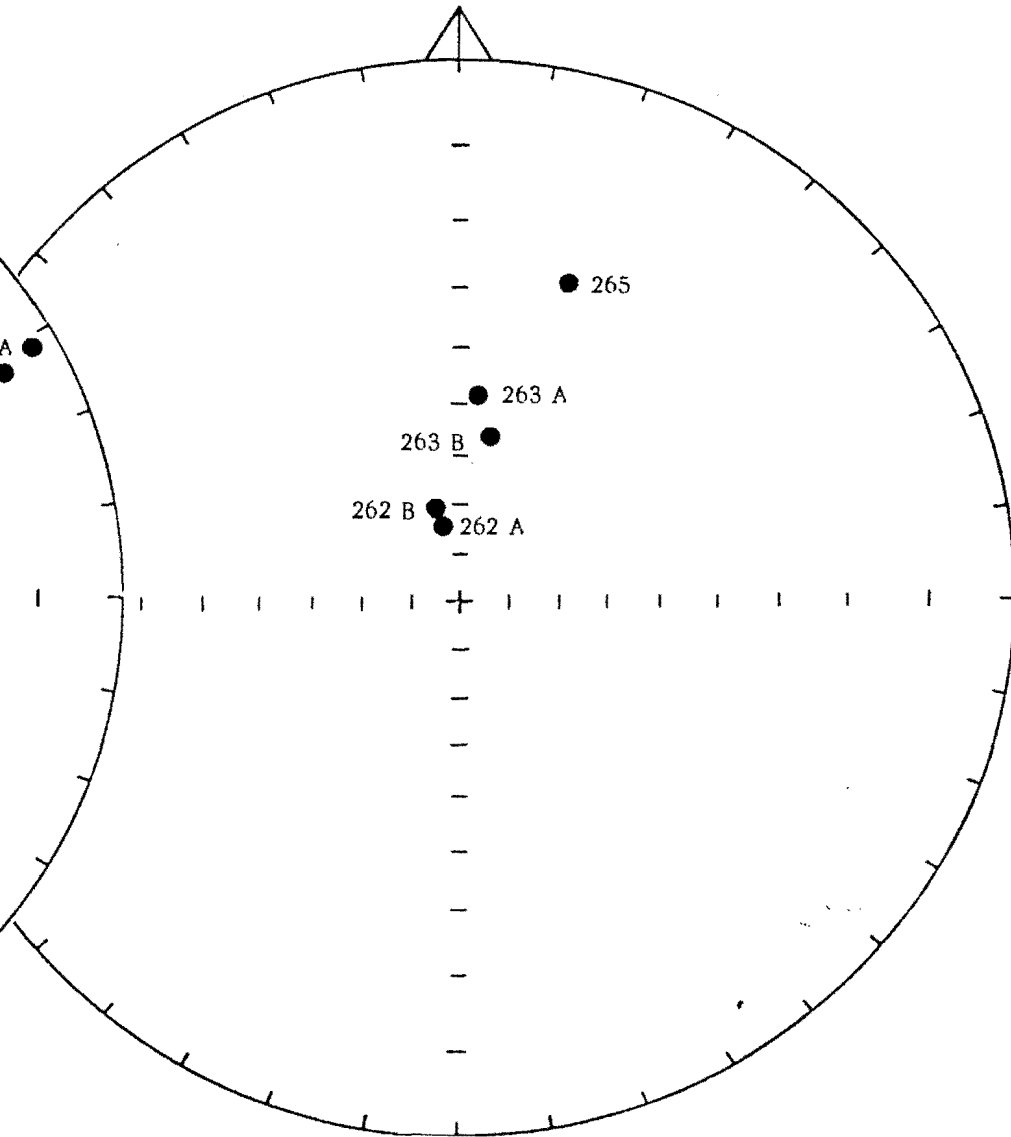


Figura V.1.3

SITIO 3

Figura V.1.4



SITIO 4

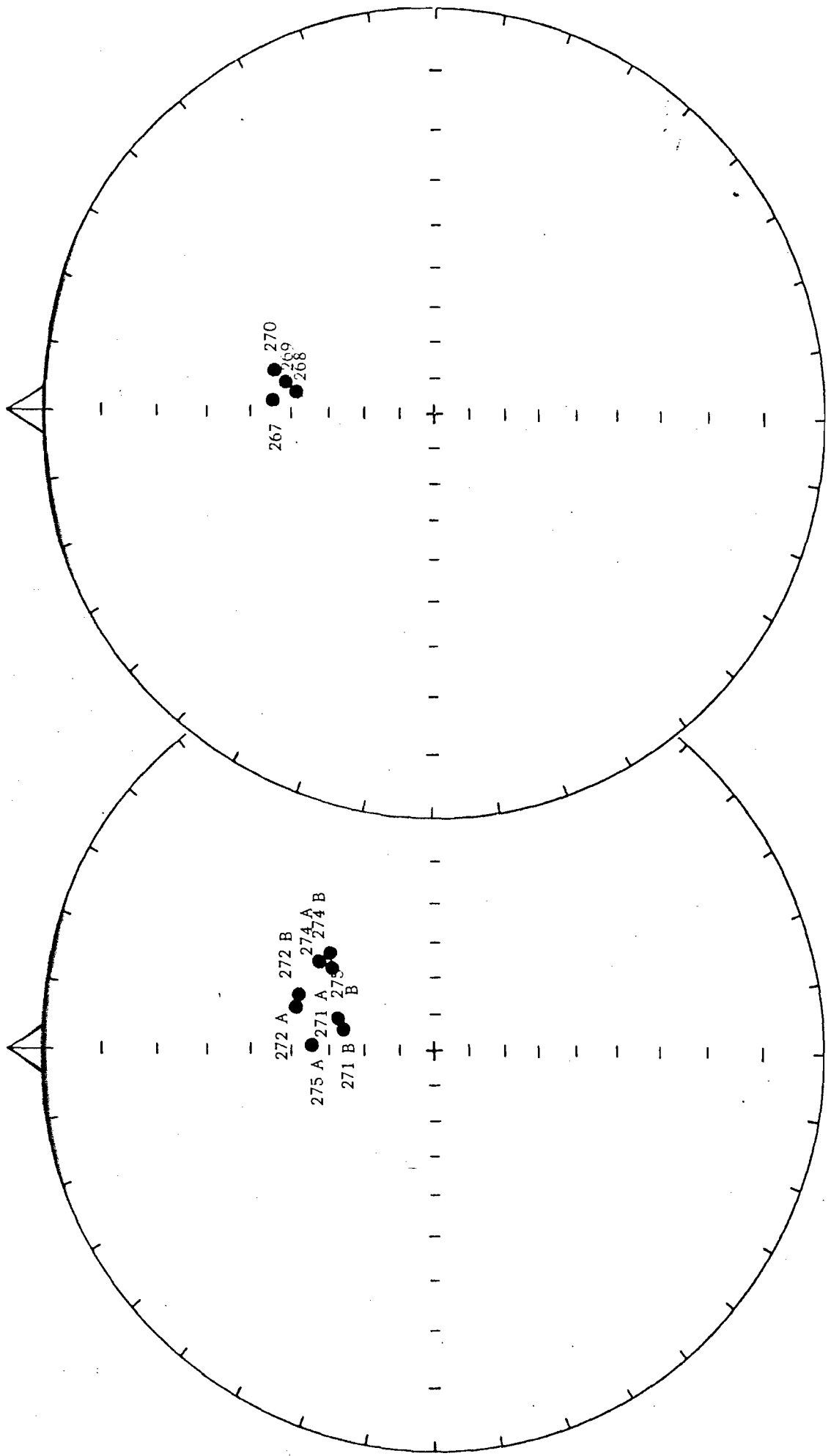
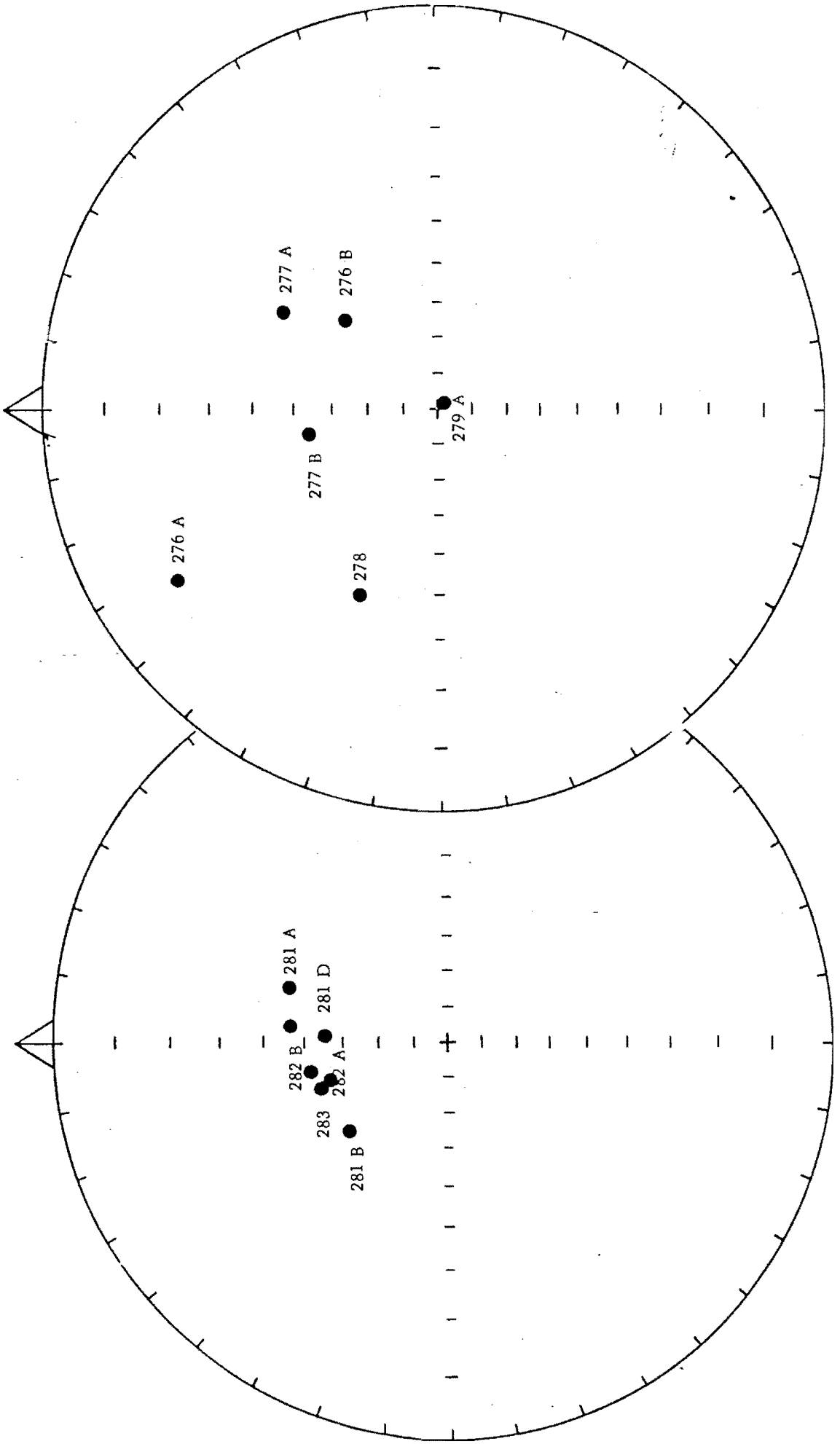


Figura V.1.6

SITIO 6 Figura V.1.5

SITIO 5



SITIO 7

SITIO 8 Figure V.1.7

Figure V.1.8

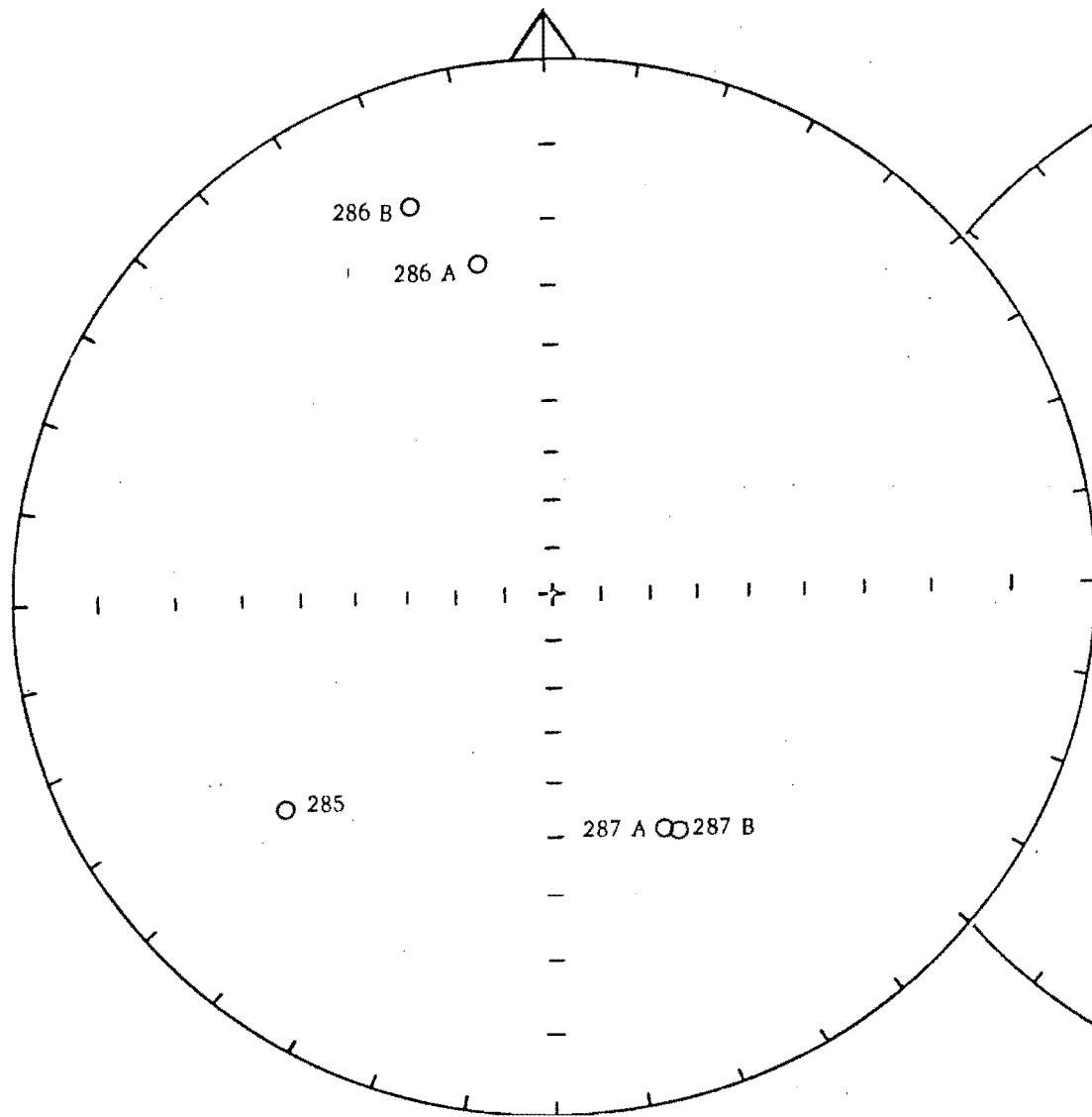


Figura V.1.9

SITIO 9

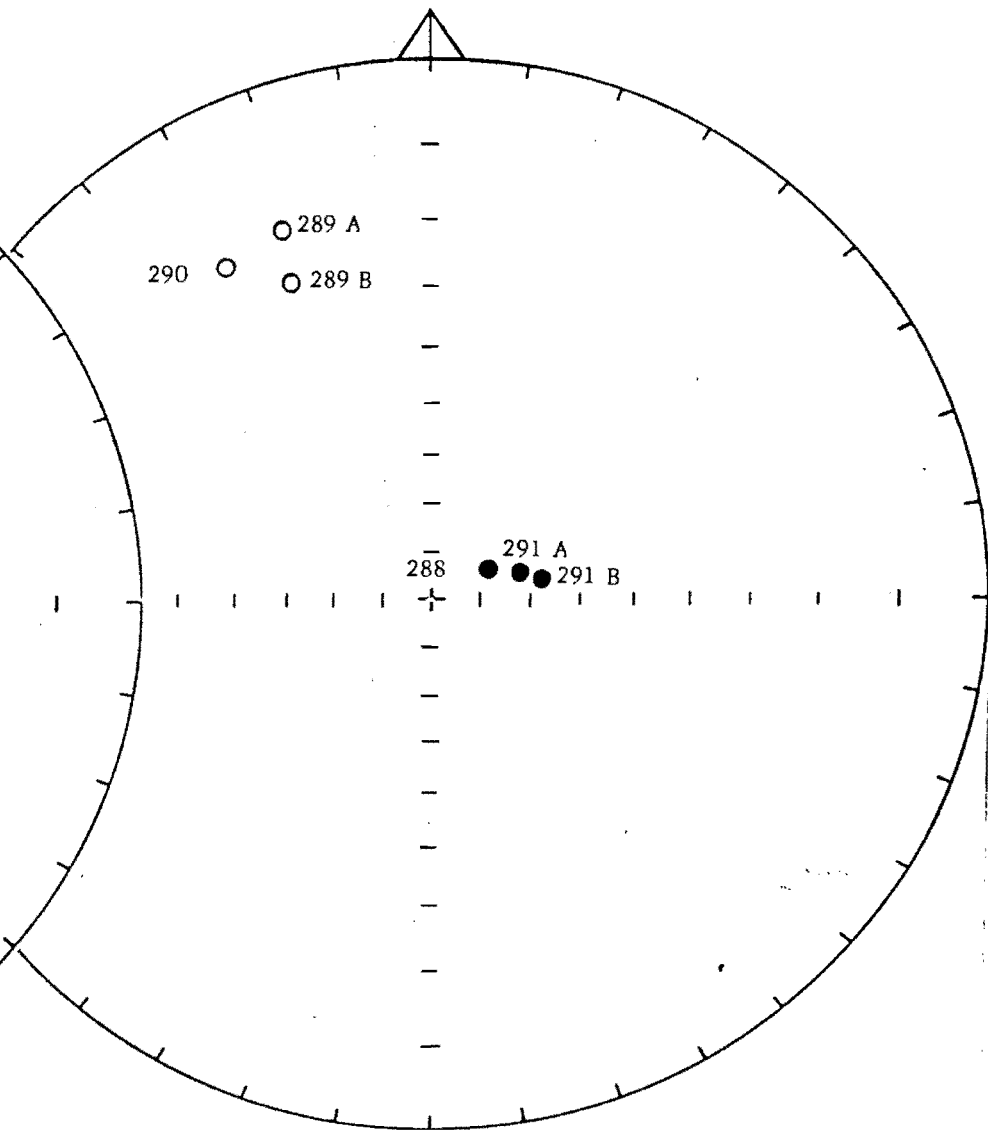


Figura V.1.10

SITIO 10

## A N E X O V.2

Diagramas que muestran la proyección estereográfica de las direcciones (inclinación de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ ; declinación de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ) de los especímenes piloto con corrección estructural durante el proceso de desmagnetización.

Los puntos son inclinaciones mayores de  $0$ .

Las cruces son inclinaciones menores de  $0$ .

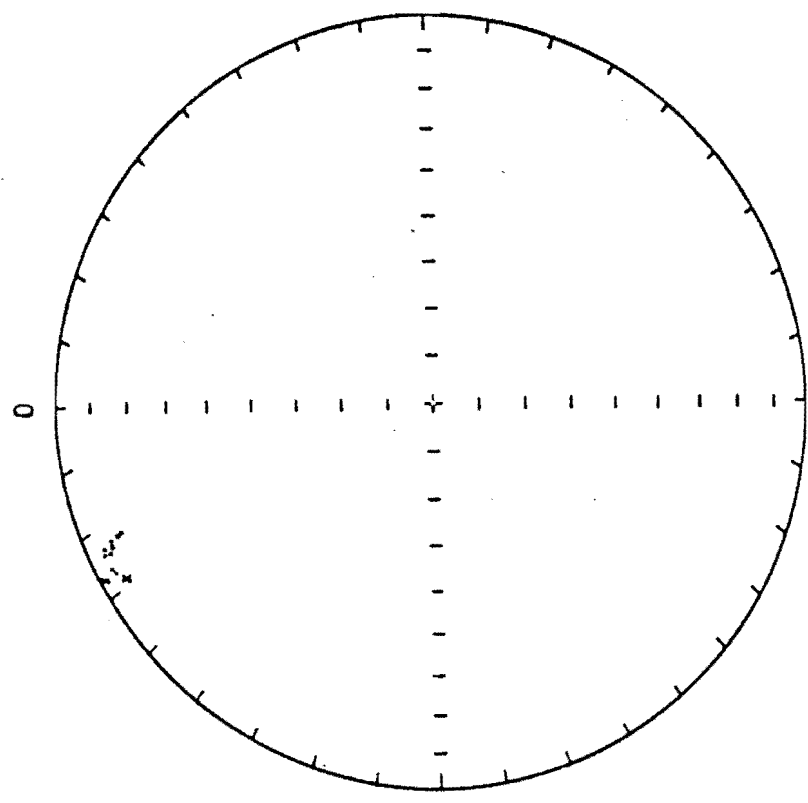
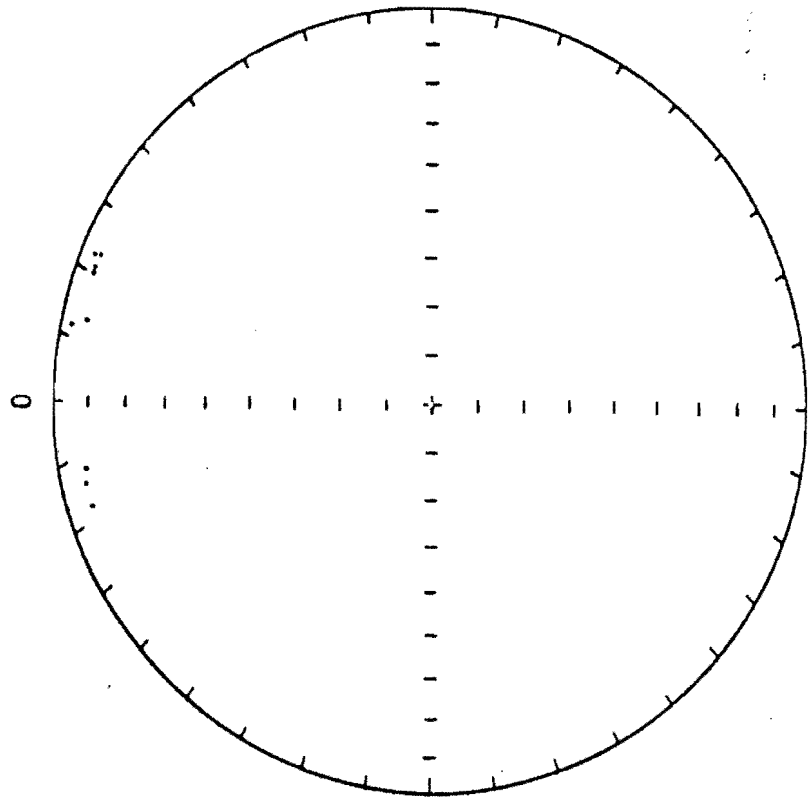
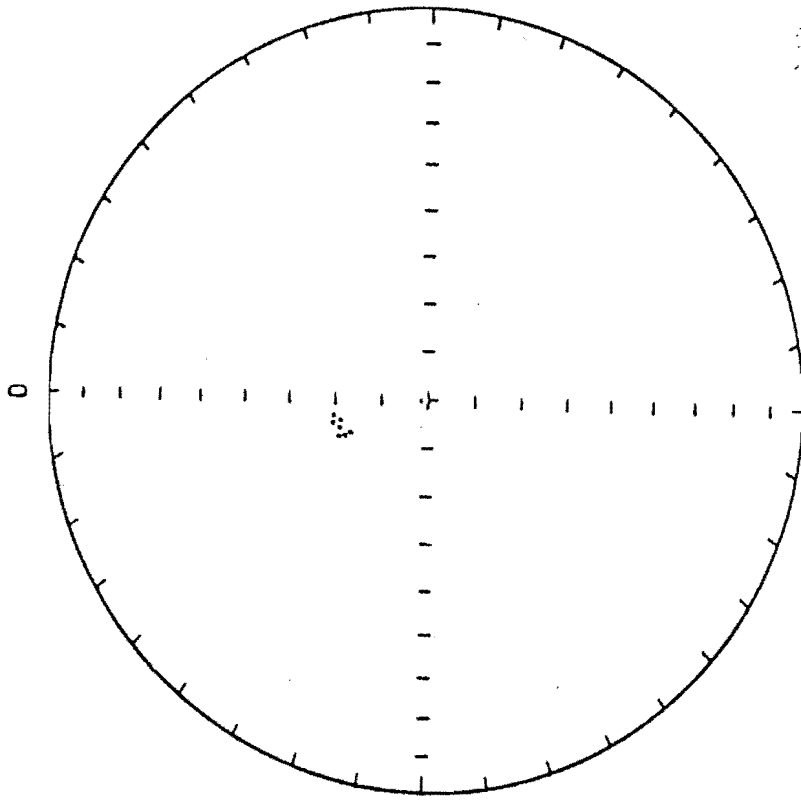


Figura V.2.1

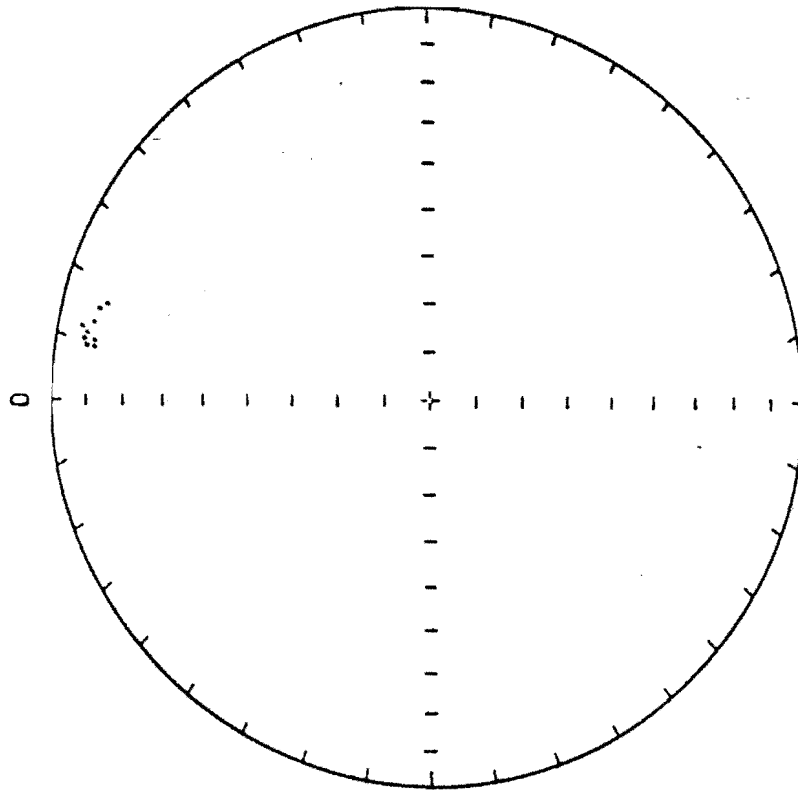
Figura V.2.2

Especimen piloto 253

Especimen piloto 256 B



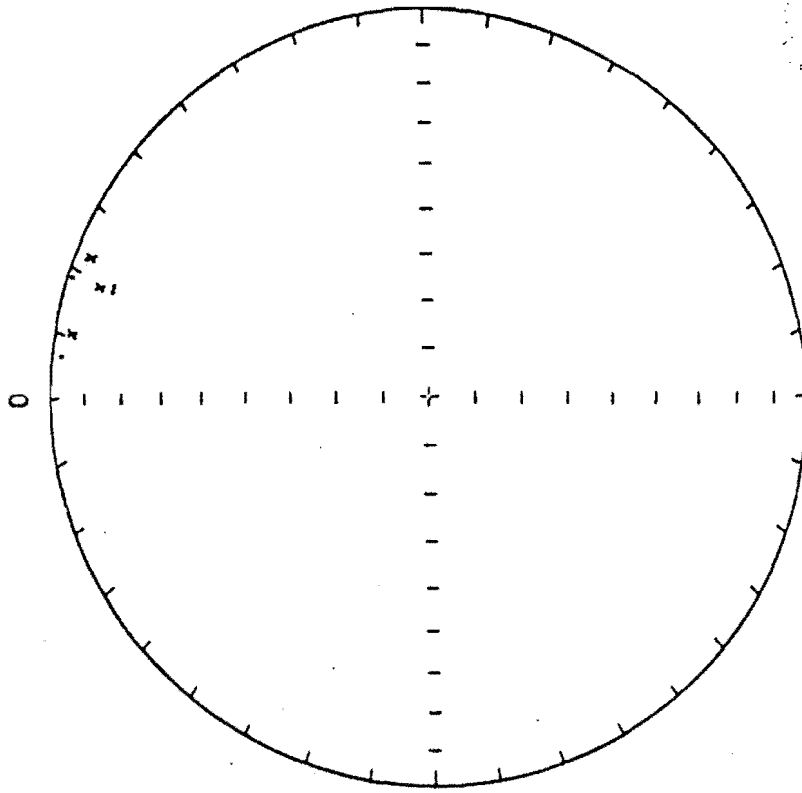
Especímen piloto 262 A



Especímen piloto 270

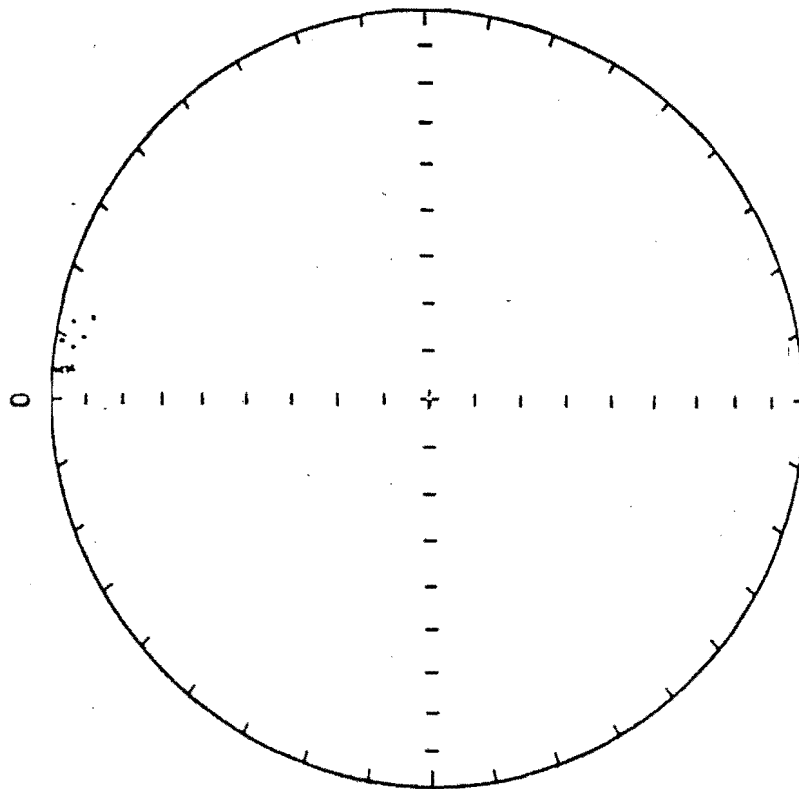
Figura V.2.3

Figura V.2.4



Espeçimen piloto 275 A

Figura V.2.6



Espeçimen piloto 271 A

Figura V.2.5



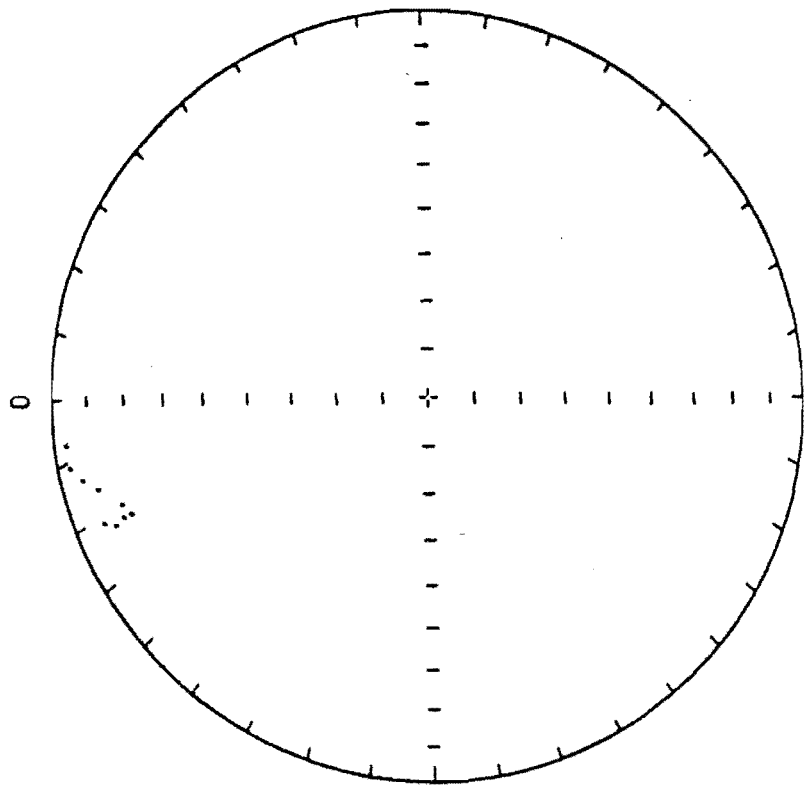


Figura V.2.7

Especímen piloto 277 B

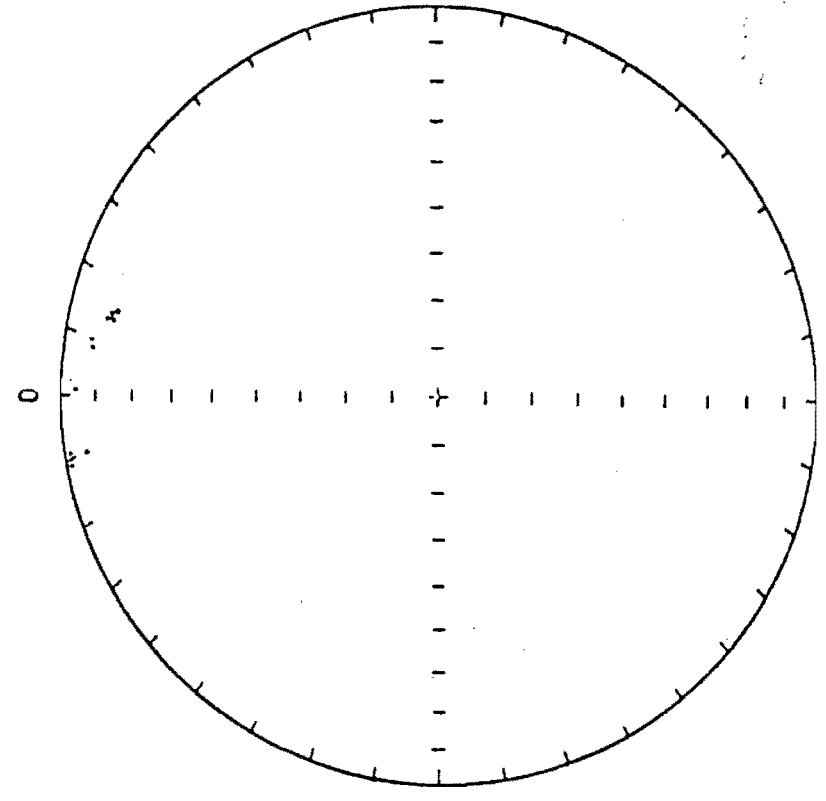
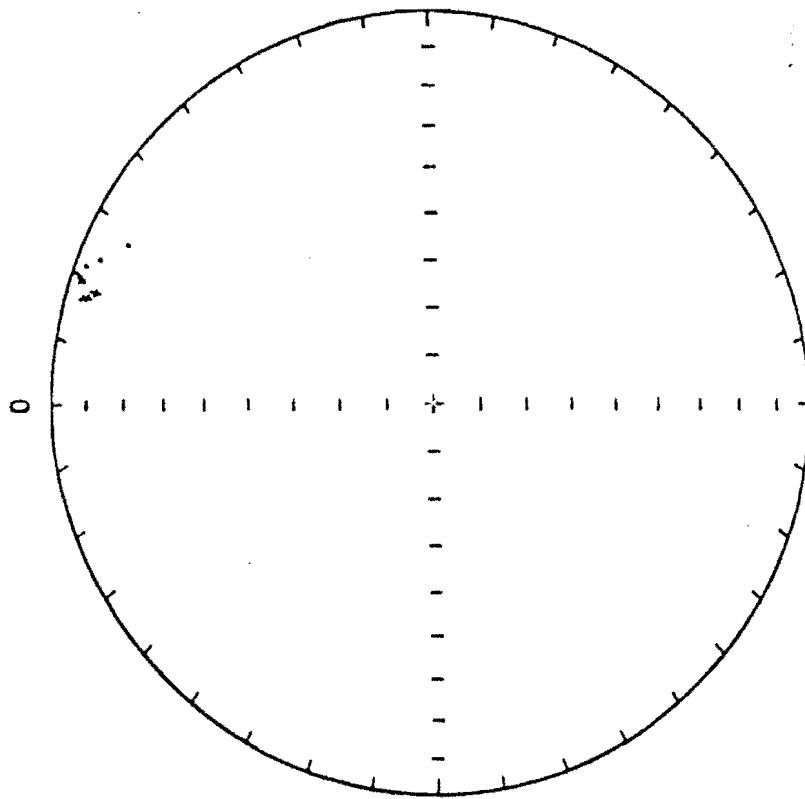


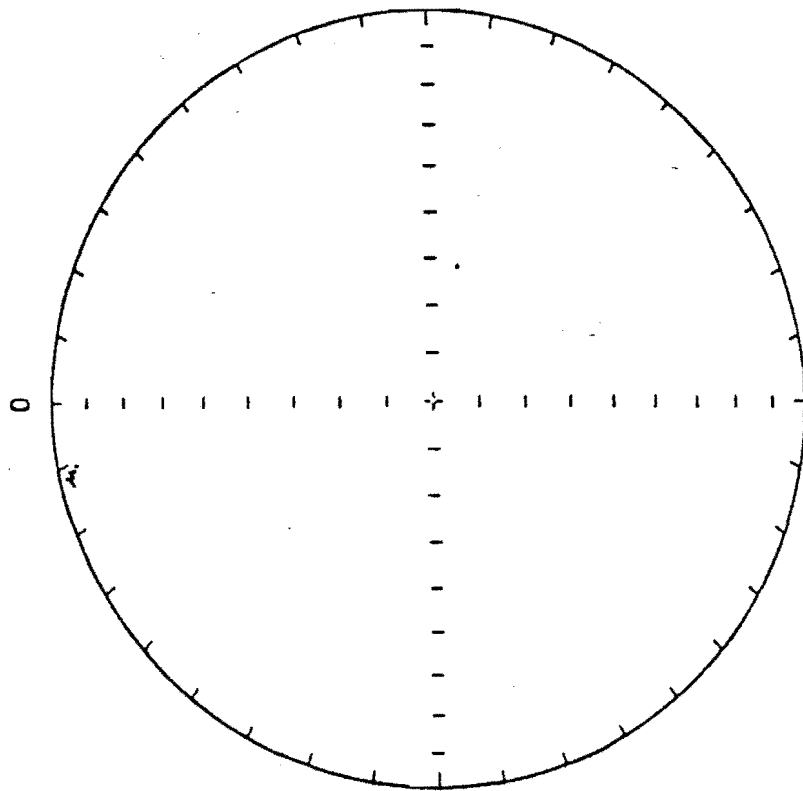
Figura V.2.8

Especímen piloto 281 A



Especímen piloto 285

Figura V.2.10



Especímen piloto 283

Figura V.2.9

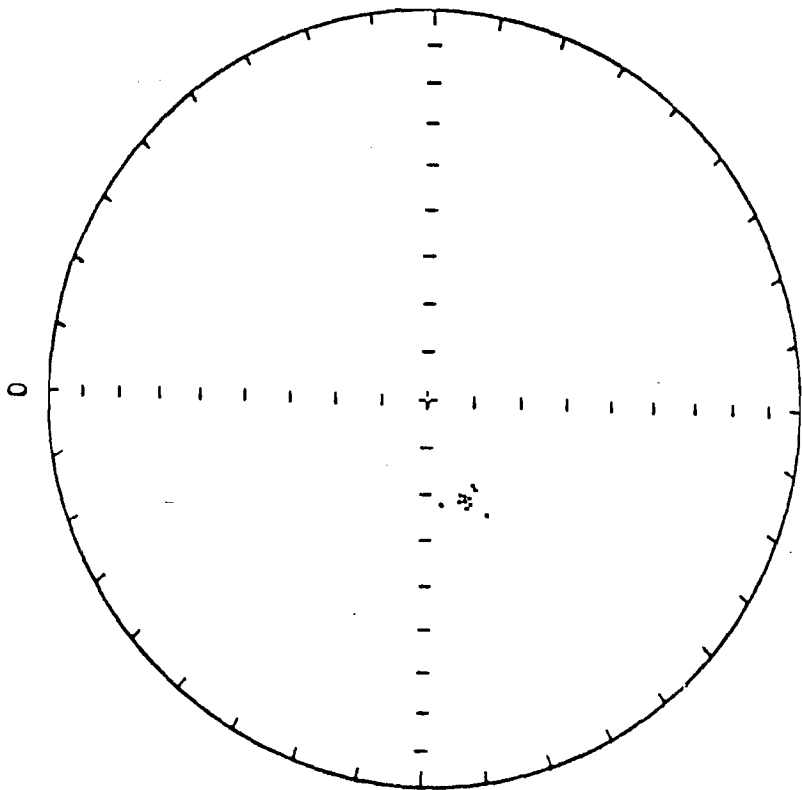


Figura V.2.11

Especímen piloto 287

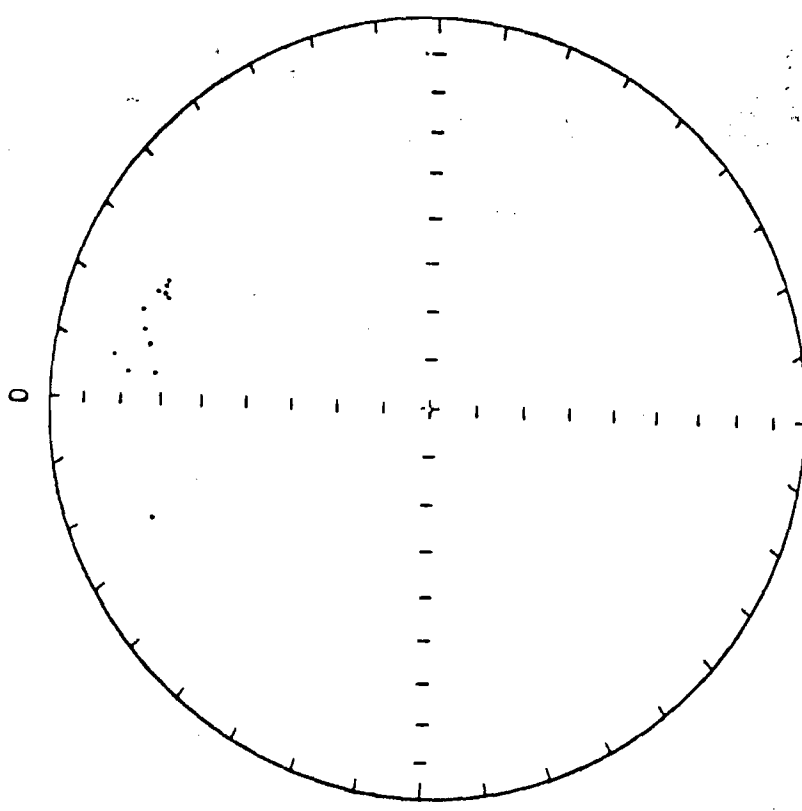


Figura V.2.12

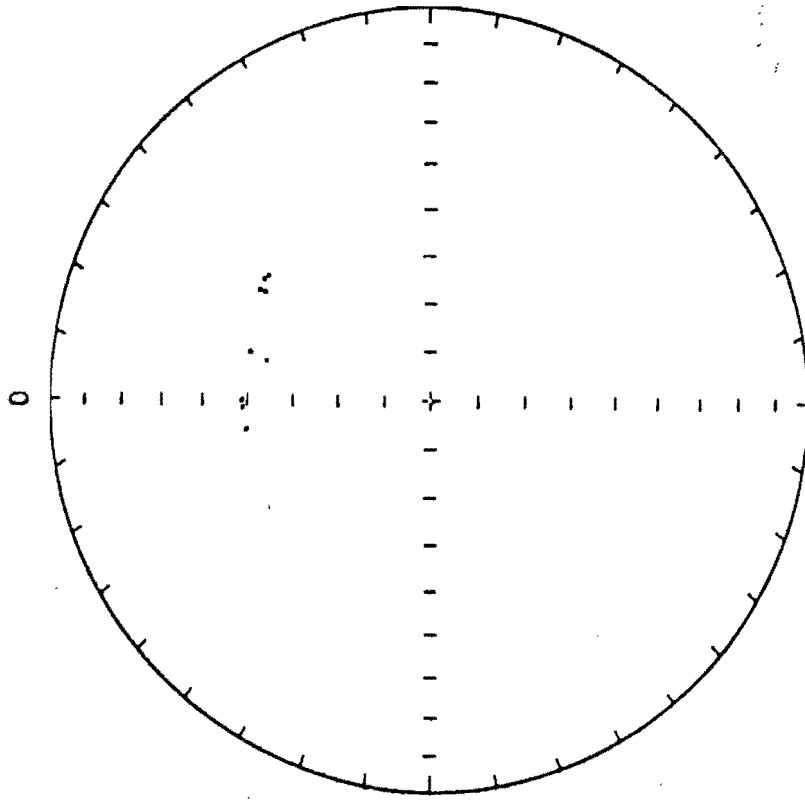
Especímen piloto 291 A

### A N E X O V.3

Diagramas que muestran la proyección estereográfica de las direcciones (inclinación de  $0^\circ$  a  $\pm 90^\circ$ ; declinación de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ) de los especímenes piloto sin corrección estructural, durante el proceso de desmagnetización.

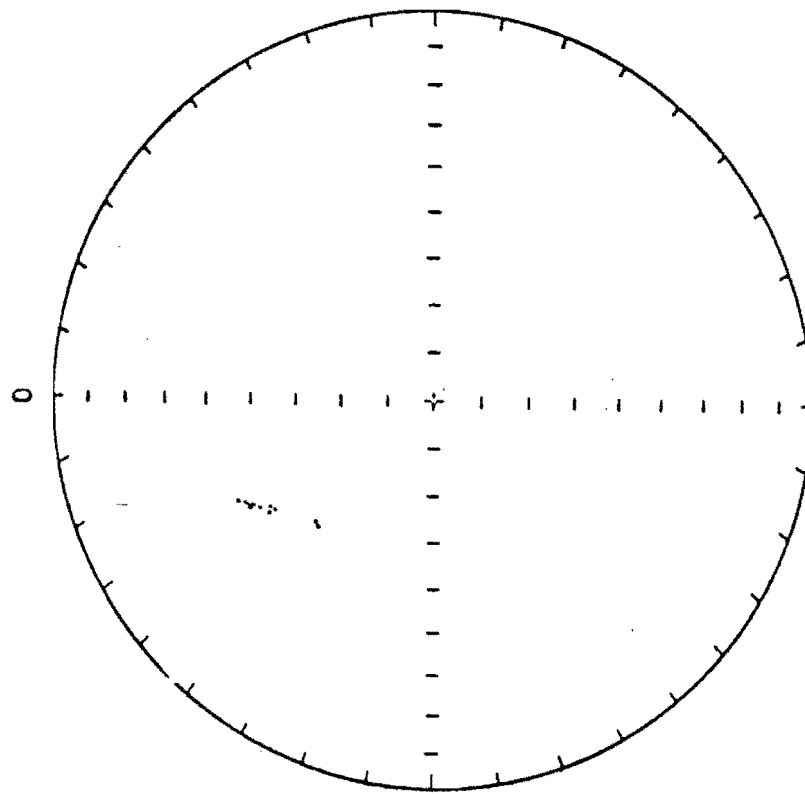
Los puntos son inclinaciones  $>$  de  $0$ .

Las cruces son inclinaciones  $<$  de  $0$ .



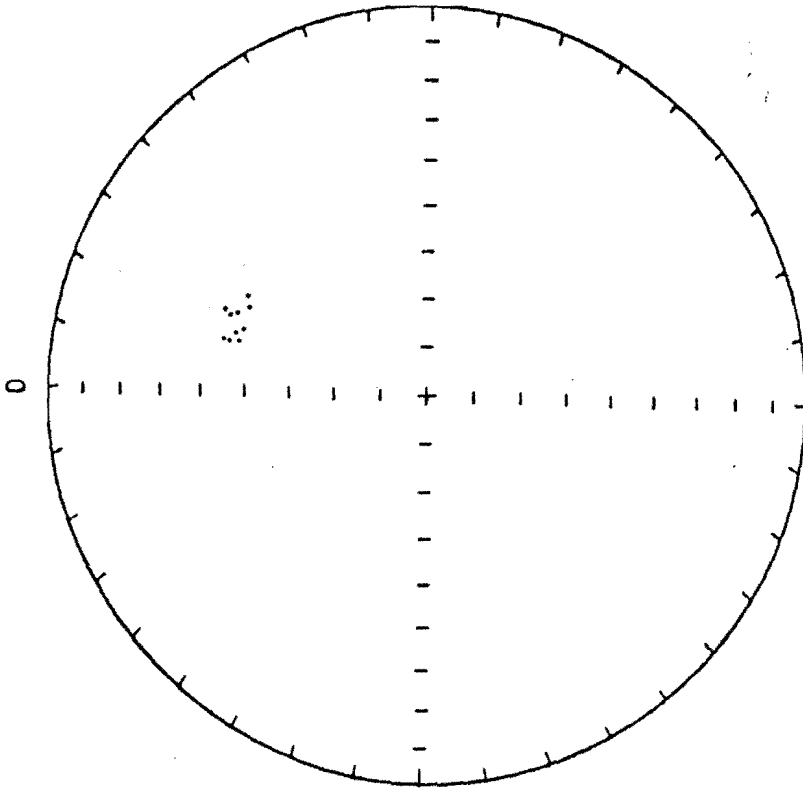
Espeçfmen piloto 256 B

Figura V.3.2



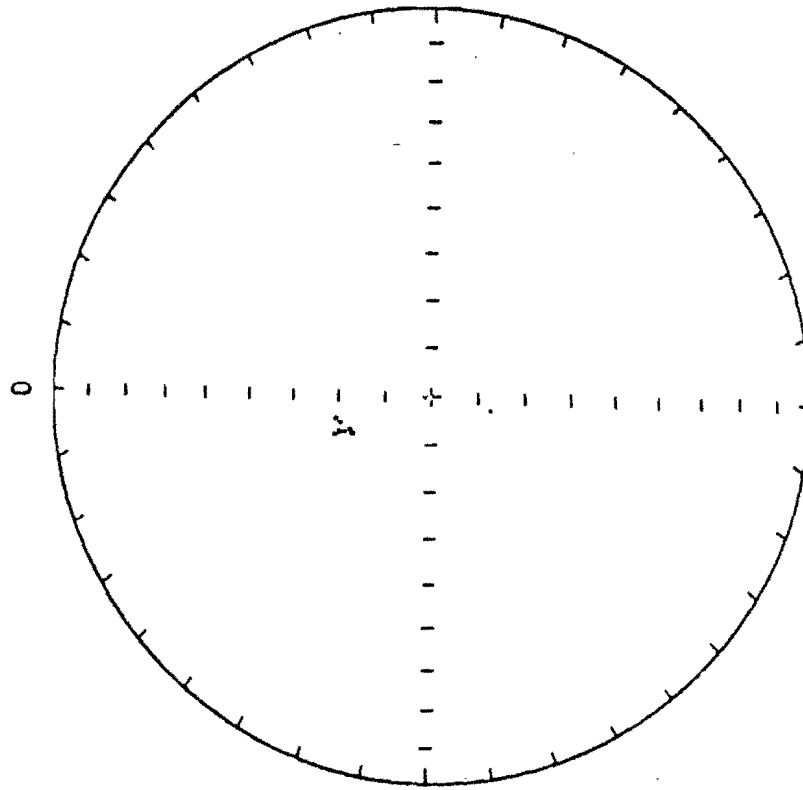
Espeçfmen piloto 253

Figura V.3.1



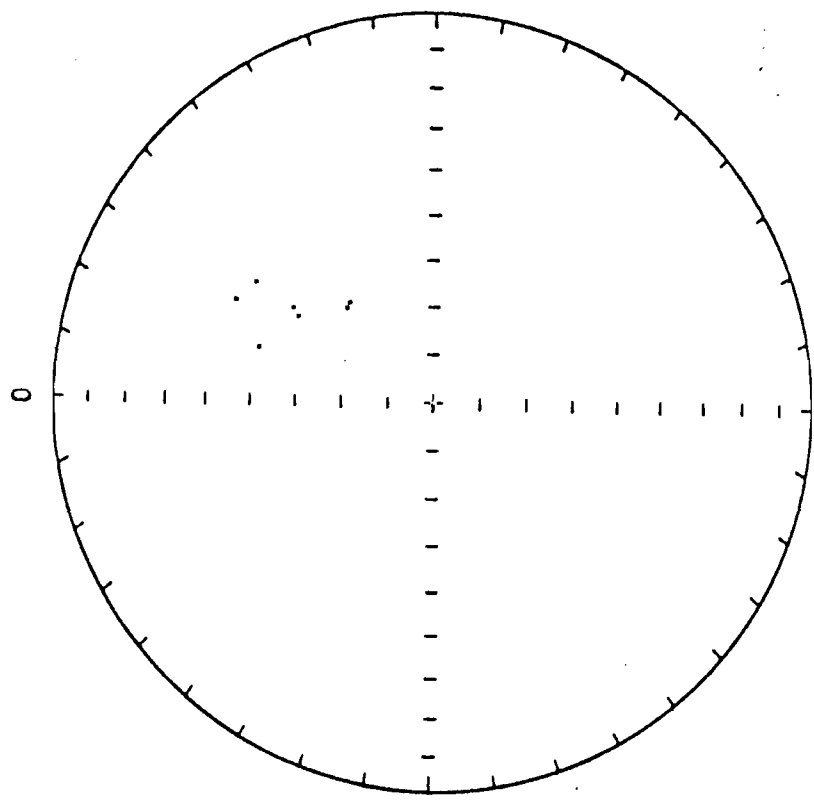
Espeçfimen piloto 270

Figura V.3.4



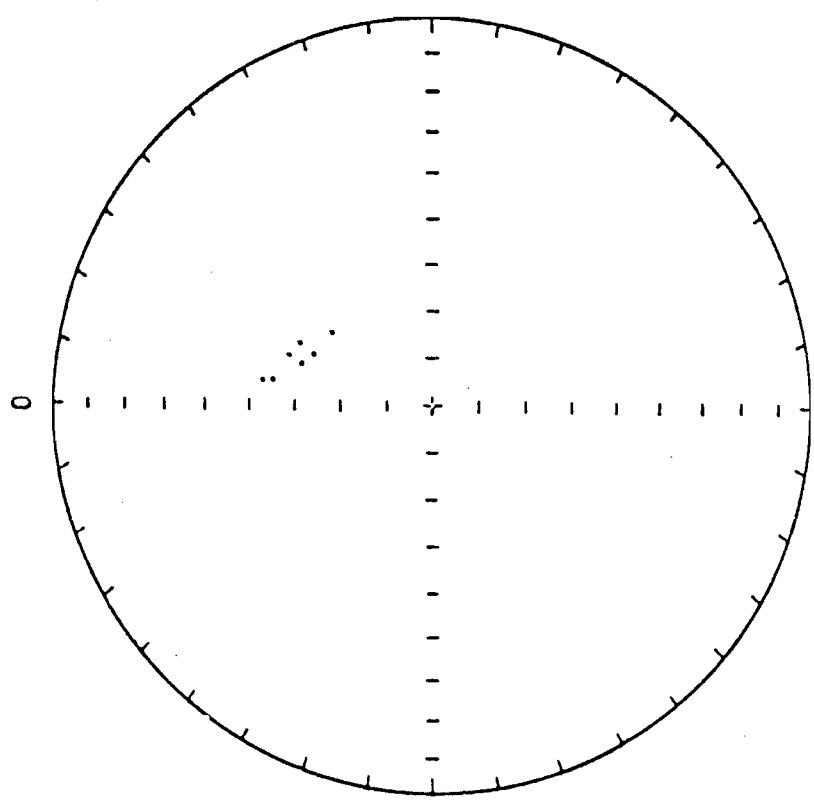
Espeçfimen piloto 262 A

Figura V.3.3



Espeçímen piloto 275 A

Figura V.3.6



Espeçímen piloto 271 A

Figura V.3.5

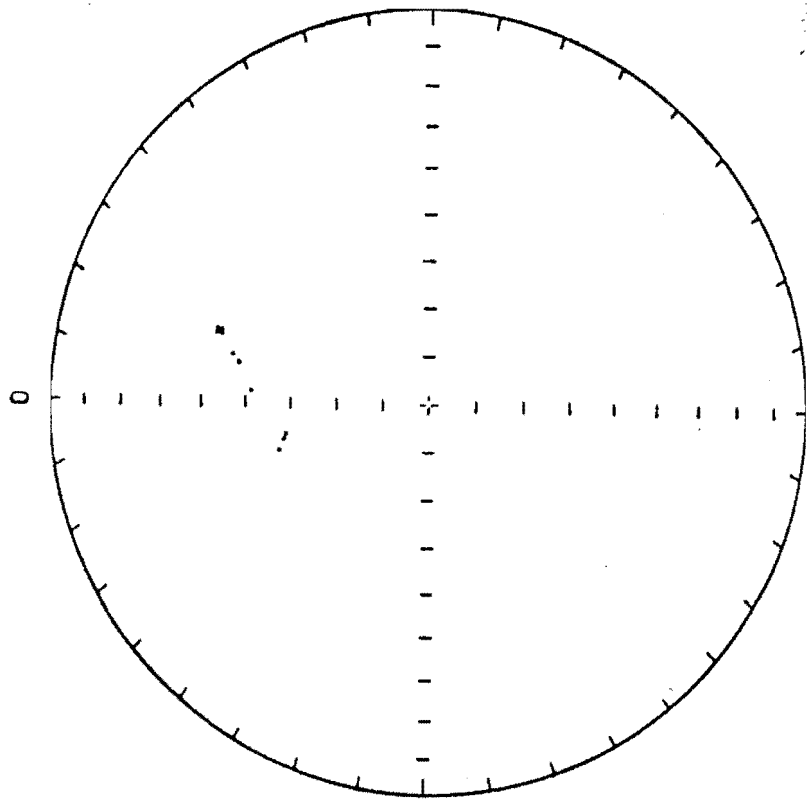


Figura V.3.8 Especímen piloto 281 A

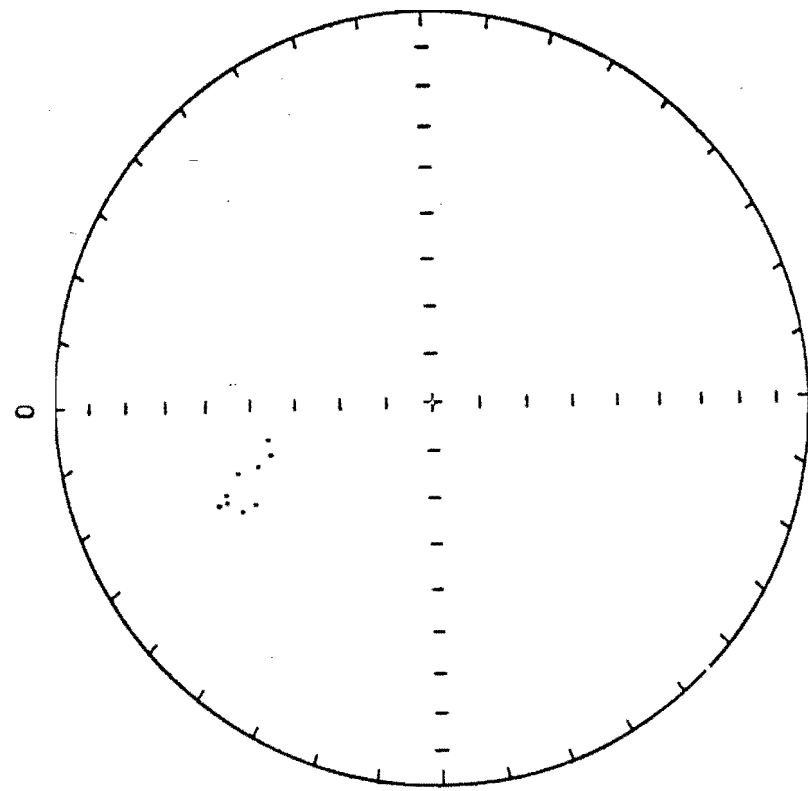


Figura V.3.7 Especímen piloto 277 B

Figura V.3.7



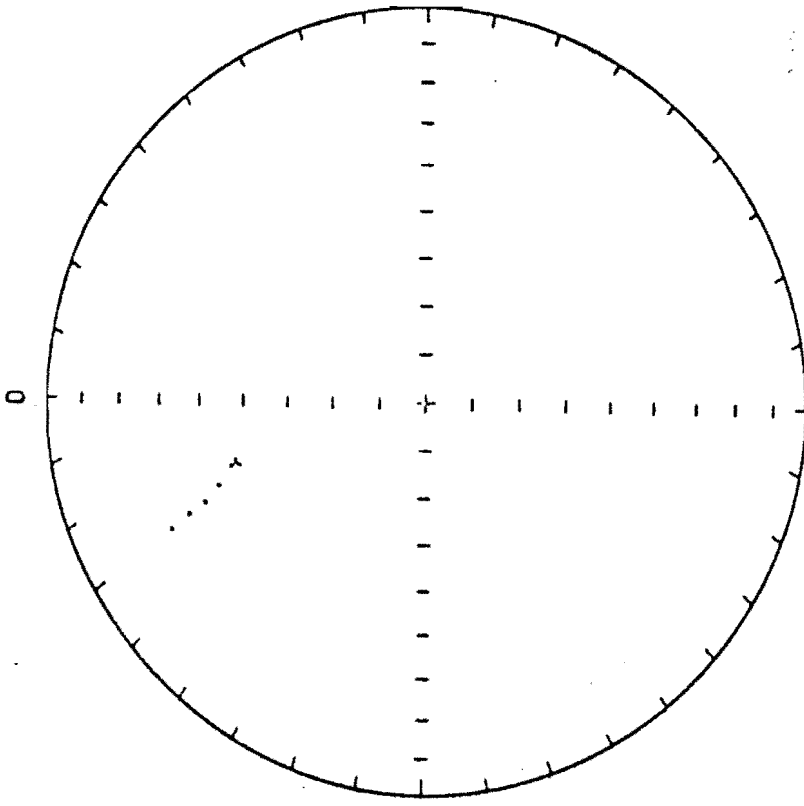


Figura V.3.10

Especímen piloto 285

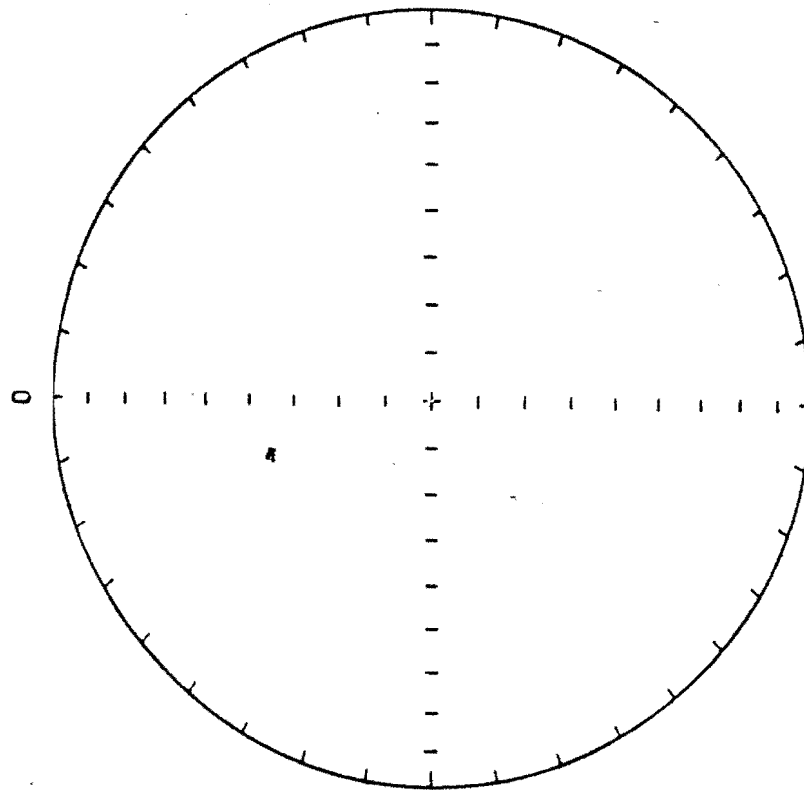
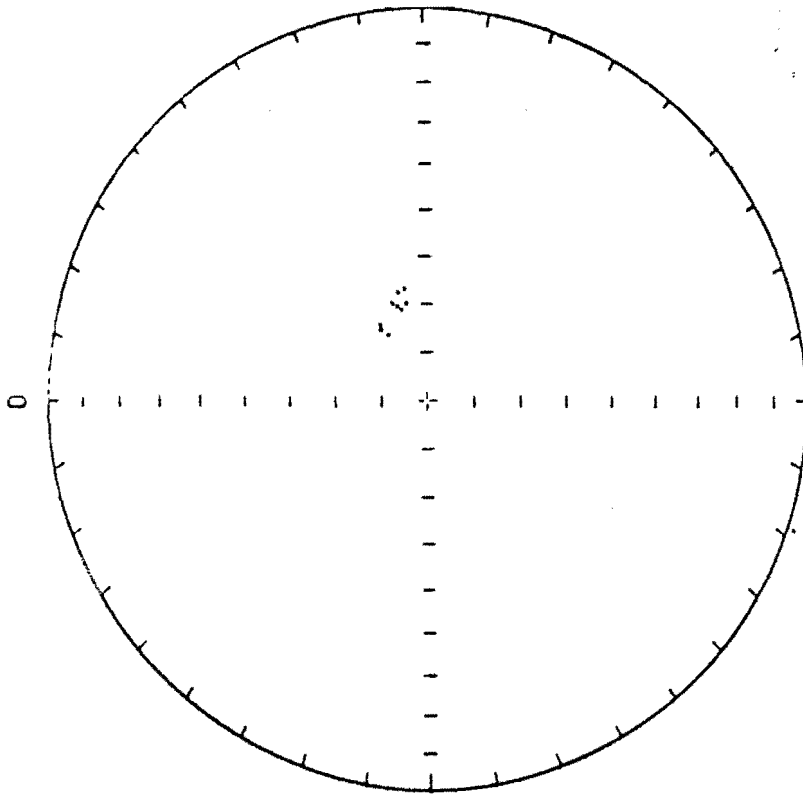


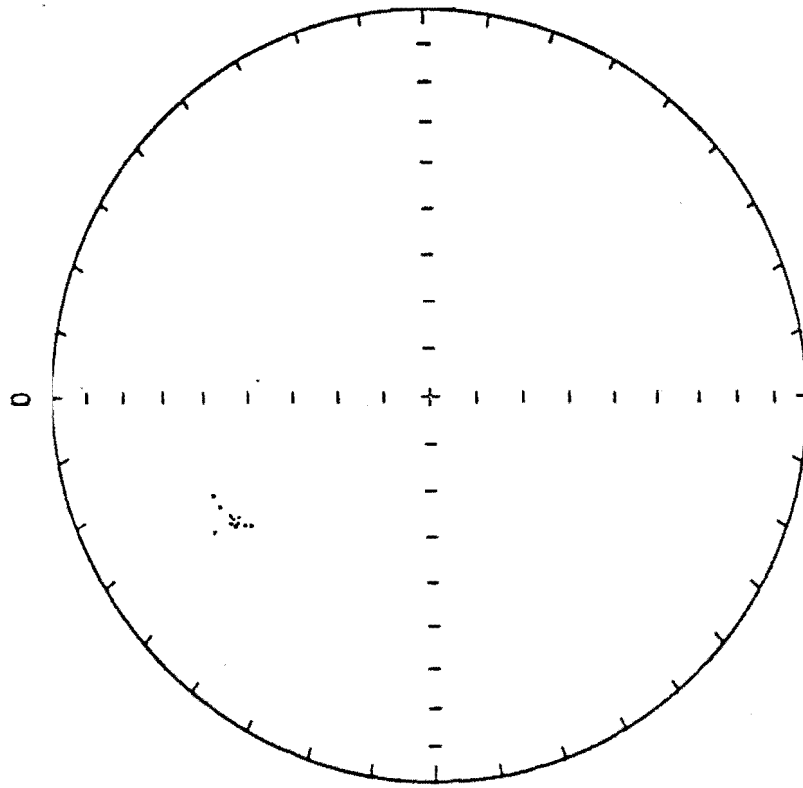
Figura V.3.9

Especímen piloto 283



Especímen piloto 291 A

Figura V.3.12



Especímen piloto 287 A

Figura V.3.11

ANEXO V.5

SE PRESENTA EN FORMA DE TABLA LOS DATOS ESTADISTICOS DE LOS 10 SITIOS MUESTREADOS DE LA FORMACION TODOS SANTOS.

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 1</u>		Polo lat/long
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	
252 A	2.306	346.1/31.2	346.8/-24.8	58.0/109.6
252 B	4.424	339.1/38.2	342.7/-16.6	59.9/120.8
252 C	1.926	337.9/43.2	343.3/11.5	62.4/123.0
252 D	3.935	340.7/39.8	344.4/-15.4	61.4/118.7
253	3.464	318.3/57.6	338.1/6.7	64.9/146.33

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 2</u>		Polo lat/long
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	
254 A	5.204	339.1/28.7	339.6/-25.6	54.1/120.1
254 B	5.056	312.7/36.4	322.8/-8.5	47.9/148.9
254 C	5.257	338.2/32.4	340.0/-22.0	56.0/121.6
254 D	5.382	311.9/40.1	324.5/-5.2	50.2/149.7
255	4.538	329.0/53.8	341.5/0.5	65.7/135.3
256 A	1.169	337.4/47.5	344.3/-7.4	64.7/124.1
256 B	2.986	35.3/45.6	23.3/-4.6	60.4/31.5
257	2.362	326.5/66.7	346.0/12.6	73.1/140.6

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 3</u>		Polo lat/long
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	
58 A	4.611	37.0/24.1	36.3/-22.0	44.6/30.1
58 B	2.131	323.5/73.2	348.3/18.8	76.9/46.2

59 A	3.807	60.8/1.6	71.1/-21.9	14.4/11.5
59 B	8.716	67.8/40.0	44.7/7.1	44.3/6.0
59 C	8.270	70.9/44.5	42.4/11.7	47.2/3.9
60 A	2.827	47.6/-6.5	69.4/-37.3	12.5/21.2
60 B	3.116	53.6/13.9	56.2/-19.5	28.5/16.2
60 C	4.008	62.3/7.3	67.3/-17.2	18.9/10.4
61 A	1.690	146.9/53.4	36.5/59.7	50.2/309.7
61 B	5.697	281.6/79.3	346.4/30.0	76.9/176.1

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 4</u>		
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	Polo lat/long
262 A	8.277	345.0/72.3	354.0/15.7	80.0/119.9
262 B	8.378	346.8/70.3	354.0/13.6	79.2/115.8
263 A	11.330	4.3/48.2	2.4/-8.7	69.3/78.0
263 B	8.206	9.6/55.9	4.6/-0.5	72.9/68.9
265	6.878	9.3/26.9	9.6/-29.2	56.7/67.8

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 5</u>		
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	Polo lat/long
267	7.317	5.0/45.1	3.1/-11.6	67.7/76.6
268	7.035	9.0/51.4	5.0/-5.1	70.6/69.6
269	5.549	11.6/49.3	7.0/-6.8	69.1/64.8
270	6.469	14.2/44.2	9.9/-11.4	65.9/60.1

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 6</u>		
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	Polo lat/long
271 A	3.933	18.0/60.7	7.9/5.1	74.3/54.6

271 B	3.845	13.5/62.2	5.4/6.0	75.7/62.3
272 A	6.079	17.2/49.0	10.7/-6.3	67.9/55.4
272 B	5.663	21.9/49.0	13.6/-5.3	66.8/48.1
274 A	5.045	37.5/49.8	22.4/-0.3	62.5/29.2
274 B	5.045	39.1/49.9	23.2/0.4	62.0/27.6
275 A	9.675	33.4/52.8	18.7/1.1	65.8/33.4
275 B	8.474	3.5/55.3	1.3/-1.6	72.9/80.5

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 7</u>		
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	Polo lat/long
276 A	6.633	327.4/13.9	321.1/-34.6	37.9/133.7
276 B	5.365	43.2/54.5	22.7/5.6	64.0/23.5
277 A	3.320	30.7/40.6	22.8/-10.6	58.8/36.8
277 B	4.146	349.9/53.8	353.4/-2.9	71.1/105.7
278	6.973	293.2/36.2	311.3/2.1	39.7/162.3
279 A	4.166	130.8/87.9	0.3/34.4	87.3/270.9
279 B	4.003	354.7/1.1	-351.9/-55.7	37.0/93.0

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 8</u>		
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	Polo lat/long
281 A	16.874	18.6/40.4	14.2/-14.3	62.6/52.9
281 B	18.962	319.7/53.0	336.3/2.3	62.2/144.4
281 C	14.299	6.6/45.9	4.2/10.7	68.0/73.7
281 D	14.291	3.5/54.8	1.3/-2.0	72.7/80.4
282 A	15.559	341.9/55.2	349.1/-0.6	70.2/118.9
282 B	13.663	348.0/51.2	351.8/-5.4	69.4/108.6
283	16.839	340.9/52.8	347.9/-2.8	68.7/120.0

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 9</u>		Polo lat/long
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	
285	1.386	231.6/-26.2	225.7/12.2	-39.5/197.5
286 A	0.466	349.4/-25.3	310.4/-79.0	-2.1/100.8
286 B	0.434	341.9/-14.1	316.1/-65.9	14.6/113.4
287 A	2.572	152.5/-37.5	157.3/15.4	-57.1/309.5
287 B	2.699	151.1/-36.7	156.0/15.8	-56.0/311.0

---

Muestra	Int 10 a/m	<u>SITIO 10</u>		Polo lat/long
		Direccion D/I	Paleodireccion D/I	
288	1.861	59.2/76.4	11.6/25.7	78.5/7.1
289 A	0.664	338.5/-17-5	304.6/-66.3	8.6/118.1
289 B	0.576	336.0/-24.3	286.5/-68.6	-3.0/121.1
290	1.677	329.0/-19.5	188.3/-60.5	2.3/130.2
291 A	1.238	71.8/70.0	19.7/25.4	70.7/0.8
291 B	1.293	78.1/67.3	23.5/26.4	67.2/357.5



## R E F E R E N C I A S

- Amery, G.B., 1969, Structure of Sigsbee Scarp, Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.58, no 12, P2480-2482.
- Anderson, C.N., Vogt, P.R., Bracery, D. R., y Kontis, A.L., 1969, Amagnetic survey in the eastern Gulf of Mexico and its relation to the east coast aeromagnetic survey, Trans. Am. Geophys. Union, v.50, p.207.
- Anderson, T.H., y Schmidt, V.A., 1983, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during the Mesozoic time, Geol. Soc. of Am. Bull., v.94, p941-966.
- Antoine, J., y Ewing, J., 1963, Seismic refraction measurements on the margins of the Gulf of Mexico, Jour. of Geophys. Res., v.68, P.1975-1966.
- Antoine, J., Bryant, W., y Jones, B., 1967, Structural features of continental shelf slope, and scarp Northeastern Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.51, p.257-262.
- Antoine, J.W., y Bryant, W.R., 1969, Distribution of salt and salt structures in Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.53, no.12, p.2543-2550.
- Antoine, J.W., y Pyle, T.E., 1970, Crustal studies in the Gulf of Mexico, Tectonophysics, v.10, p.477-494.
- Antoine, J.W., 1972, Structure of the Gulf of Mexico, in: Contribucion on the geological and geophysical oceanography of the Gulf of Mexico, Rezak, R., y Henry, V.J., eds: Texas A.M. Univ. Oceanogr. Stud., Gulf Publishing Co., Houston, Texas, v.3, p.1-34.
- Aubouin, J., et al, 1977, De la region Caribena a las cordilleras Sur y Norteamericanas, Revista UNAM (Inst. de Geol.), v.1, no.2, p.129-132.
- Avdeev, A.I., y Beloussv, I.M., 1971, On the geomorphology of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico, in: Syposium on investigations and resources of the Caribbean Sea and adjacent regions: UNESCO; Paris, p.215-224.
- Baie, L.F., 1970, Possible structural link between Yucatan and Cuba, AAPG Bull., v.54, p.2204-2207.
- Ball, M.M., y Harrison, C.G.A., y Supko, P.R., 1969, Atlantic Opening and the origen of the Caribben, Nature, v.223, P:167-168 .
- Ball, M.M., Harrison, C.G.A., Supko, P.R., Bock, W., y Maloney, N.J., 1971, Marine geophysical measurements on the southern boundary of the Caribbean Sea, in: Caribbean



- Geophysical, Tectonic and Petrologic Studies, Donnelly, T.W., ed: Geol. Soc. Am., Mem. 130, p.1-33.
- Ballard, J.A., y Feden, R.H., 1970, Diapiric structures on the Campeche shelf and slope, western Gulf of Mexico, Geol. Soc. Am. Bull., v.81, p.505-512.
- Bass, M.N., y Zartman, R.E., 1969, The basement of Yucatan Peninsula (abstract), EOS, v.50, no.4, p.313.
- Batenson, J.H., y Hall, I.H.S., 1971; Revised geologic nomenclature for Pre-Cretaceous rocks of British Honduras, AAPG Bull., v.55, p.529-530.
- Bateson, J.H., y Hall, I.H.S., 1972, Late Paleozoic lavas in Maya Mountains, British Honduras, and their possible regional significance, AAPG Bull., v.56, no 5, p.950-956.
- Bateson, J.H., 1972, New interpretation of geology of Maya Mountains, British Honduras, AAPG Bull., v.56, no. 5, p.956-963.
- Beck, M.E., 1980, Paleomagnetic record of plate-margin tectonic processes along the western edge of North America, J. Geophys. Res., v.85, p.7115-7131.
- Belousov, V.V., 1960, Development of the earth and tectogenesis, Jour. Geophys. Res., v.65, p.4127-4146.
- Belousov, V.V., 1970, Against the hypothesis of ocean-floor spreading, Tectonophysics, v.9, p489-511.
- Bergantino, R.N., 1971, Submarine regional geomorphology of the Gulf of Mexico, Geol. Soc. Am. Bull., v.82, p741-752.
- Bobier, C. y C. Robin, 1982, Paleomagnetisme de la Sierra Madre Occidental dans les Etats de Durango et Sinaloa (Mexique): Variations de champ ou rotations de blocs au Paleocene et au Neogene, Geof. Inter., v.21, p.57-86.
- Bocanegra, M.G., Treviño, R.A., Urrutia, F.J., 1985., Discusión sobre modelos de evolución tectónica para el Golfo de México, GEOS bolletin, Epoca II, no.3, p.32, Reunión anual de Union Geofisica Mexicana.
- Bocanegra, M.G., Urrutia, F.J., Treviño, R.A., 1986., Estudio paleomagnético de la región de Matías Romero, Edo de Oaxaca, Resúmenes de la Convención Geológica Nacional P 184-185.
- Bocanegra, M.G., Urrutia, F., Treviño, R.A., 1986., Análisis de datos paleomagnéticos de México, Centroamérica, el Caribe y el norte de América del Sur. II Simposio de Geofisica, AMGE, Abstracts.

- X Bocanegra, M.G., Urrutia, F.J. y Treviño, R.A., 1986, Resumen y análisis de información geológica y geofísica del Golfo de México, GEOS, Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, Bol., Epoca II, pag. 10.
- Bohnel, H., 1985., Resultados paleomagnéticos del Grupo Tecocoyuca (Diquiyu, Oaxaca) y de las formaciones Tecomazuchil y Morelos (Petlalcingo, Puebla). GEOS, Epoca II, no.3, p.23, Reunión anual de Unión Geofísica Mexicana.
- Boyer, S.E., y Elliot, D., 1982, Thrust systems, AAPG Bull., no.9, p.1196-1230.
- Briden, J.C., 1967, Recurrent continental drift of Gondwanaland, Nature, m v. 215, p.1334-1339.
- Bryant, W.R., Antoine, J., y Ewing, M., 1967, Structure of the Mexican continental shelf and slope (abstract), Geol.Soc. Am. Spec. Pap. 101, p.28-29.
- Bryant, W., Antoine, J., Ewing, M., y Jones, B., 1969, Geology and geophysics of the Mexican continental shelf and slope, Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.52, p.1204-1228.
- Bryant, W.R., Meyerhoff, A.A., Brown, N.K., Furrer, M.A., Pyle, T.E., y Antoine, J.W., 1969, Escarpments, Reef trends, and diapiric structures, eastern Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.53, no.12, p.2505-2542.
- Buffler, R.T., Watkins, J.Shaub, F.J., y Worzel, J.L., 1980, Structure and early geologic history of the central Gulf of Mexico basin, in Pilger, Rex H., ed : The origin of the Gulf of Mexico and early opening of the central north Atlantic Ocean, Preceedings of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.3-16.
- Bullard, E., Everett, J.E., y Smith, A.G., 1965, The fit of the continents around the Atlantic, in Asymposium on continental drift, Blackett, F.M.S., Bullard, e., y Runcorn, S.K., org. Phil.Trans. Roy. Soc., London, Ser.A., v.258, p.41-51.
- Burk, C.A., Ewing, M., Worzel, J.L., Beall, A.O., Burkry, D., Fischer, A.G., y Pessagno, E. A., 1969, Deep-sea drilling into the Challenger Knoll, central Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.53, p.1338-1347.
- Cabral, C., Urrutia, J.F., Moran, Z., 1985, Direcciones paleomagnéticas para los terrenos tectonoestratigráficos de México GEOS, bolletin, Epoca II, no.3, p.33, Reunión anual de Geofísica Mexicana.
- X Campa, M.F., y P.J. Coney, 1983, Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico, Can. Jour. Earth Sci., v.20, p.1040-1051.

- Carey, S.W., 1958, ed: A tectonic approach to continental drift, in continental drift: A symposium, University of Tasmania, Hobart, Australia, p.177.
- Carfentan, J.C., 1983, Les ensembles géologiques du Mexique Meridional, Evolution géodynamique devant le Mésozoic, Geof. Inter., v.22, p.9-38.
- Cebull, S.E., y Shurbet, D.H., 1980, The Ouachita Belt in the evolution of the Gulf of Mexico. in Pilger, Rex H., ed: The origin the Gulf of Mexico and the opening of the Central North Atlantic Ocean, Preceeding of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.17-26.
- Chase, R.L., y Bunce, E.T., 1969, Underthrusting of the Eastern margin of the Antilles by the floor of the Western North Atlantic Ocean, and origin f the Barbados Ridge, Jour. of Geophys. Res., v.74, no.6, p.1413-1420
- Chirinos-Peres, G.F., 1973, Informe Geológico # 710, Zona Sur de PEMEX, Prospecto Ostuacan, Chis., 71p.
- X Cohen, K.K., T.H. Anderson y V.A. Schmidt, 1983, Preliminary results: paleomagnetism of Mesozoic units from northwest Sonora and their tectonic implication for northern Mexico, Geof. Inter., v.20, p.219-233.
- Cominguez, A.H., Sandoval, J.H., y del Castillo, L., 1973, Aporte gravimétrico en el análisis tectonofísico del Golfo de Mexico, Asoc. Mex. de Geof. de Expl., p.57-82.
- Coney, P.J., 1983, Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Sur y el Caribe, Revista IMP, v.XV, no.1, p.6-15.
- Correa, P., et al., 1985, Investigaciones geofísicas en el Anticlinorio de Huayacocotla. Un aulacogeno asociado al origen del Golfo de México? GEOS bolletín, Epoca II, no.3, p.20, Reunión anual de la Unión de Geofísica Mexicana.
- Creager, J.S., 1953, Submarine topography of the continental slope of the Bay of Campeche, Texas AM Tech. Rep. Ref. 53-10, p.23.
- Creer, K.M., 1968, Arrangement of the continents during the Paleozoic Era, Nature, v.219, p.41-44.
- Creer, K.M., 1968, Paleozoic paleomagnetism, Nature, v. 219, p.246-250.
- Dehlinger, P., y Jones, B.R., 1965, Free-air gravity anomaly map of the Gulf of Mexico and its tectonic implications, Geophysics, v.XXX, no.1, p.102-110.

- Dickinson, W.R., 1974, Tectonics and sedimentation, Soc. Eco. Paleon. and Min., Special Pub., no.22.
- Dickinson, W.R., y Coney, P.J., 1980, Plate tectonics constraints on the origen of the Gulf of Mexico and the early opening of the Central North Atlantic Ocean, Proceedigs of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.27-36.
- Dietz, R.S., et al ., 1970, Geotectonic evolution and subsidence of Bahama Platforms, Geol. Soc. Am. BULL., v.81, p.1915-1928.
- Dietz, R.S., y Holden, J.C., 1970, Reconstruction of Pangea; Breakup and dispersion of continents, Permian to Present, Jour. of Geophys. Res., v.75 no. 26, p.4939-4956.
- Dillon, W.P., Y Vedder, J.G., 1973, Structure and development of the continental margin of British Honduras, Geol. Soc. of Am. Bull., v.84 p.2713-2732.
- Donnelly, T.H., 1975, The geological evolution of the Caribbean and Gulf of Mexico--some critical problems and areas, in the ocean basins and margin, v.3, The Gulf of Mexico and the Caribbean, ed: by A.E.M.Nair and F.G. Stehli, p.663-684, Plenum Press, New York.
- Drake, C.L., et al 1968, The continental margin of the eastern United States, Can. Jour. Earth Sci., v.5, p.993-1010.
- Drake, C.L., 1972, Future considerations cocerning geodynamics, AAPG Bull., v.56, no.2, p.260-268.
- Du toit, A.L., 1937, The geological comparison of South America with South Africa. With a paleontological contribution by F.R. Cowper Reed, Carnegie Institution of Wash Publ, No 381, Wash.
- Eardley, A.J., 1954, Tectonic relations of North and South America, AAPG Bull., v.38, p 707-773.
- Emery, K.O., 1963, Coral refs off Veracruz, Mexico, Geofisica Internacional., Rev. Union Geofis. Mex., v.3 p.11-17.
- Ensminger, H.R., y Matthews, J.E., 1972, Origen of salt domes in Bay of Campeche, Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.56, p.802-807.
- Epp, D., Grim, P.J., y Langseth, M.G., 1970, Heat flow in the Caribbean and Gulf of Mexico, Jour. of Geophys. Res., v.75, no.29, p.5655-5669.
- Ewing, M., Worzel, J.L., Ericson, D.B., y Heezen, B.C., 1955. Geophysical and geological investigations in the Gulf of

- Mexico, *Geophysics*, v.XX, no.1, p.1-18.
- Ewing, M., Ericson, D.B., y Heezen, B.C., 1958. Sediments and topography of the Gulf of Mexico, in.: *Habitat of oil*, Weeks, L., ed.: AAPG, Tulsa, Oklahoma, p.995-1053.
- Ewing, J.I., Antoine, J., y Ewing, M., 1960. Geophysical measurements in the western Caribbean Sea and in the Gulf of Mexico, v.65, p.4087-4126.
- Ewing, J.I., Worzel, J.L., y Ewing, M., 1962. Sediments and oceanic structural history of the Gulf of Mexico, v.67, no.6, p.2509-2527.
- Ewing, M., y Antoine, J., 1966. New seismic data concerning sediments and diapiric structures in Sigsbee Deep and upper continental slope, Gulf of Mexico, *AAPG Bull.*, v.50, p.479-504.
- Falcon, N.L., 1967. Equal areas of Gondwana and Laurasia, *Nature*, v.213, no.5076., p.580-581.
- Feden, R.H., Ensminger, H.R., y Massingill, J.V., 1972. Geophysical investigations of the Catoche Tongue, Gulf of Mexico, *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.83, p.1157-1162.
- Freeland, G.L., y Dietz, R.S., 1971. Plate tectonic evolution of Caribbean-Gulf of Mexico Region, *Nature*, v.232, no.5305, p.20-23.
- Fisher, R.A., 1953. Dispersion on a sphere, *Proc. R. Soc. London*, v.A-127, p.295-305.
- Funnell, B.M., y Smith, A.G., 1968. Opening of the Atlantic Ocean, *Nature*, v.219, p.1328-1333.
- Garrison, L.E., y Berryhill, H.L. Jr., 1970. Possible seaward extension of the San Marcos Arch (abstract), *Geol. Soc. Am. Abstr. With Programs*, v.2, p.285-286.
- Garrison, L.E., Reimnitz, E., y Martin, R.G., 1972. Acoustic-reflection profiles, western continental margin, Gulf of Mexico, 1970 cruise 70-02 of R/V Cadete Virgilio Uribe, *Nat. Tech. Inf. Serv. Rep. PB-207-593*, 19p., 15figs.
- Garrison, L.E., y Martin, R.G., 1973. Geological structures in the Gulf of Mexico basin, *U.S. Geol. Survey Prof. Paper* 773, 85p.
- X Gonzalez-Torres, E., D. Moran-Zenteno, y Cabral-Cano, E., 1986. Reinterpretación geológica y resultados paleomagnéticos del área de Tezoatlán, VIII Convención Geológica Nacional, México, D.F., (resúmenes), p.185.
- Gose, W.A., y Swartz, D.K., 1977. Paleomagnetic results from

Cretaceous sediments in Honduras; tectonic implications, *Geology*, v.5, p.505-508.

- X Gose, W.A., Scott, G.R., y Swartz, D.K., 1980. The aggregation of Mesoamerica; paleomagnetic evidence, in.: Pilger, Rex H., ed.: The origin of the Gulf of Mexico and the Early opening of the Central North Atlantic Ocean, Proceedings of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.51-54.
- Gose, W.A., Belcher, R.C., y Scott, G.R., 1982. Paleomagnetic results from Northeastern Mexico; Evidence for large Mesozoic rotations, *Geology*, v.10, p.50-54.
- Gose, W.A. y L.A. Sanchez-Barreda, 1982b, Paleomagnetic results from southern Mexico, *Geof. Inter.*, v.20, p.163-175.
- Gose, W.A., 1983, Late Cretaceous-Early Tertiary tectonic history of southern Central America, *Jour. Geophys. Res.*, v.88, p.10585-10592.
- Gose, W.A., 1985, Caribbean tectonic from a paleomagnetic perspective, *The Great American Biotic Interchange*, ed F.G. Stehli y S.D. Webb, Plenum Publishing Corporation, p.285-301.
- Gough, D.J., 1967, Magnetic anomalies and crustal structure in Eastern Gulf of Mexico, *AAPG Bull.*, v.51, no.2, p.200-211.
- Guerrero Garcia, J.C., y Helsley, C.E., 1974, Paleomagnetic evidence for Post-Jurassic tectonic stability of Southeastern Mexico (abs), *EOS, Am. Geophys. Union Trans.*, v.56, p.1110.
- X Guerrero Garcia, J.C., 1976, Contributions to paleomagnetism and Rb-Sr geochronology, Ph.D. Disertacion, The University of Dallas.
- Guzman, E.J., y de Cserna, A., 1963, Tectonic history of Mexico, in : *Backbone of the Americas*, Childs, O.E., and Beebe, B.W., ed: AAPG Mem. 2 Tulsa, Oklahoma, p.113-129.
- Hales, A.L., Helsley, C.E., y Nation, J.B., 1970, Crustal structure study of Gulf Coast of Texas, *AAPG Bull.*, v.54, p.2040-2057.
- Hales A.L.; 1973, The crust of the Gulf of Mexico, A discussion, *Tectonophysics*, v.20, no.1-4, p.217-225.
- Hall, I.H.S., y Bateson, J.H., 1972, Late Paleozoic lavas in Maya Mountains, British Honduras, and their possible regional significance, *AAPG Bull.*, v.56, p.950-963.
- Heirtzler, J.R., Burckle, L.H., y Peter, G., 1966, Magnetic

anomalies in the Gulf of Mexico, Jour. of Geophys. Res., v.71, no.72, p.519-526.

- Helwing, J., 1975, Tectonic evolution of the southern continental margin of North America from a Paleozoic perspective, in: The ocean basins and margins, vol.3, the Gulf of Mexico and the Caribbean, ed: by A.E.M.Nair and F.G. Stehli. p.243-254, Plenum Press.
- Henderson, G.C., 1963, Preliminary study of the crustal structure across the Campeche Escarpment from gravity data, Geophysics, v.28, p.736-744.
- Hess, H.H., 1962, History of the ocean basins petrologic studies, A volume in honor of A.F. Buddington, Geol. Soc. Am., p.599-620.
- Hess, H.H., y Maxwell. J.C., 1963, Caribbean reseach project, Geol. Soc. of Am. Bull., v.64, p.1-6.
- Holcombe, T.L., Vogt, P.R., Matthews, J.E., y Murchison, R.R., 1973, Evidence for Sa-Floor spreading in the Cayman Trough, Earth Planetary Science Letters, v.20, p.357-371.
- X Imlay, R.W., 1943, Jurassic formations of Gulf region, AAPG Bull., v.27, no.11, p.1407-1533.
- X Irving, E., 1964, Paleomagnetis and its application to geological and geofisical problems. Jhon Wiley and sons, New York, London, Sydney.
- Irving, E. y M.A. Ward, 1964, A statiscal model of the geomagnetic field, Geofis. Pura Appl., v.57, p.25-30.
- Irving, E., 1979, Paleopoles and paleolatitudes of North America and speculations about displaced terrains, Can. J. Earth Sci., v.16, p.669-694.
- Iturralde-Vinent, M.A., 1975, Problems in application of modern tectonic Hypoteses to Cuba and Caribbean region, AAPG Bull., V.59, p.838-855.
- Jones, B.R., Antoine, J.W., y Bryant, W.R., 1967. A hypothesis concerning the origin and development of salt structures in the Gulf of Mexico sedimentary basin, Gulf Coast Assoc. Geol Soc. Trans., v.17, p.211-216.
- Jordan, T.H., 1975. The present-day of the Caribbean Plate, Jour. of Geophys. Res., v.80, p.4433-4439.
- Keating, B.H., 1975, Magnetostratigraphy and biostratigraphy of the Late Cretaceous and problems associated with paleomagnetic study of DSDP material, M. Sc. Thesis, Univ. Texas at Dallas.

- Kesler, S.E., et al., 1971. Mesoscopic structural homogeneity of Maya Series and Macal Series, Mountain Pine Ridge, British Honduras, AAPG Bull., v.55, no.1, p.97-123.
- King, E.R., 1959. Regional magnetic map of Florida, AAPG Bull., v.43, p.2844-2854.
- King, E.R., 1969. The tectonics of North America a discussion to accompany the tectonic map of North America, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 268, scale 1:500,000,000, 94p.
- King, P.B., 1975. Ancient southern margin of North America, Geology, v.3, p.732-734.
- Kirkland, D.W., y Gerhard, J.E., 1971. Jurassic salt, Central Gulf of Mexico, and its temporal relation to Circum-Gulf evaporites, AAPG Bull., v.55, p.680-686.
- Krivoy, H.L., 1970. A magnetic lineament in the Bay of Campeche (abstract), Geol. Soc. Am. Abstr. with Programs, v.2, p.288.
- Krivoy, H.L., y Pyle, T.E., 1972. Anomalous crust beneath west Florida Shelf, AAPG Bull., v.56, p.107-113.
- Ladd, J.W., 1976. Relative motion of America with respect to North America and Caribbean tectonics, Geol. Soc. Am. Bull., v.87, p.969-976.
- Ladd, J.W., Buffler, R.T., Watkins, J.S., y Lamar, W.J., 1976. Deep seismic reflection results from the Gulf of Mexico, Geology, v.4, p.365-368.
- Ladd, J.W., Buffler, R.T., Watkins, J.S., Worsel, J.L., y Carranza, A., 1976. Interpretation of multi-channel seismic reflection records from the Gulf of Mexico, Physics of the Earth and Planetary Interiors, v.12, p.241-247.
- Lehner, P., 1969. Salt tectonics and Pleistocene stratigraphy on continental slope of northern Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.53, no.12, p.2431-2479.
- Lejsec, R.J., del Castillo, G.L. Gonzalez, M.T., y Cominquez, B.A.H., 1978. Interpretacion geodinamica del Golfo de Mexico y el Eje Neovolcanico, Bol. Soc. Geol. Mex., v.XXXIX, no.2, p.77-90.
- Leonard, R., 1983. Geology and hydrocarbon accumulations, Columbus Basin, offshore Trinidad, AAPG Bull., v.67, no.7, p.1081-1093.
- Le Pichon, X., y Hayes, D.E., 1971. Marginal offsets, fracture zones, and early opening of the South Atlantic, Jour. of Geophys. Res., v.79, no.26, p.6283-6293.



- Le Pichon, X., y Fox, P.J., 1971. Marginal Offsets, fracture zones, and the early opening of the North Atlantic, *Jour. of Geophys. Res.*, v.76, no.26, p.6294-6308.
- Logan, B.W., 1969. Coral reef and banks, Yucatan Shelf, Mexico, in.: Carbonate sediments and reefs, Logan, B.W., ed.: AAPG Mem. 11, Tulsa Oklahoma, p.129-198.
- Lopez-Ramos, E., 1969. Marine Paleozoic rocks of Mexico, *AAPG Bull.*, v.54, no.12, p.2399-2417.
- Lopez-Ramos, E., 1973. Estudio geologico de la Peninsula de Yucatan, *Bol. de La Asoc. Mex. de Geol. Petroleros*, v.XXV, no.1-3, p.23-76.
- Lowell, J.D. y Genik, G.J., 1972, Seafloor spreading and structural evolution of Southern Red Sea, *AAPG Bull.*, v.56, no.2, p.247-259.
- Ludwick, L.C., y Walton, W.A., 1957, Shelf-edge calcareous prominence in northeastern Gulf of Mexico, *AAPG Bull.*, v.41, p.2054-2101.
- MacDonald, W.D., y Opdyke, N.D., 1972, Tectonic rotations suggested by paleomagnetic results from Northern Colombia, South America, *Jour. of Geophys. Res.*, v.77, no.29, p.5720-5730.
- Malfait, B.T., y Dinkelman, M.G., 1972, Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean Plate, *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.83, p.251-172.
- Martin, R.G., y Case, J.E., 1975, Geophysical studies in the Gulf of Mexico and the ocean basins and margins, vol.3, *The Gulf of Mexico and the Caribbean*, ed: by A.E.M. Nair and F.G. Stehli, p.65-191, Plenum Press.
- Massingill, J.V., Bergantino, R.N., Fleming, R.H., y Feden, R.H., 1973, Geology and genesis of the Mexican Ridges, Western Gulf of Mexico, *Jour. of Geophys. Res.*, v.78, p.2498-2507.
- Matthews, R.K., 1963, Continuous seismic profiles of a shelf-edge bathymetric prominence in northern Gulf of Mexico, *Tras. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, v.13, p.49-58.
- Matteson, P.H., 1979, Subduction buoyant braking Flipping, and strike-slip faulting in the Northern Caribbean, *Jour. of Geol.*, v.87, p.293-304.
- Matteson, P.H., y Pessagno, E.A., 1979, Jurassic and Early Cretaceous radiolarians in Puerto Rico ophiolite-tectonic implications, *Geol.*, v.7, p.440-444.

- X McCabe, C., R. Van Der Voo, & J. Urrutia-Fucugauchi, 1984, Paleomagnetism of the Tremadocian Tifú Limestone, State of Oaxaca, Mexico. EOS, 1984 AGU Meeting.
- Maxwell, J.C., 1968, Continental drift and a dynamic earth, *Am. Scientis.*, v.56, no.1, p.35-51.
- X McElhinny, M.W., 1973, *Palaeomagnetism and plate tectonics*, Cambridge University Press, 386p.
- McKee, W.J., Jones W.N., y Long, E.W.L., 1984, History of recurrent activity along a major fault in northeastern Mexico, *Geology*, v.12, p.103-107.
- Menard, H.W., 1967, Transitional types of crust under small ocean basins *Jour. of Geophys. Res.*, v.72, p.3061-3073.
- Meneses de Gyves, J., 1981, Bosquejo geológico de la Sonda de Campeche, *Geología de la Sonda de Campeche*, (PEMEX).36.
- Meyerhoff, A.A., 1967, Future Hydrocarbon of Gulf of Mexico Caribbean region, *Trans. Gulf Assoc. Geol. Soc.*, v.17, p.217-260.
- Meyerhoff, A.A., Khudoley, K.M., y Hatten, C.W., 1969, Geology significance of radiometric dates from Cuba, *AAPG Bull.*, v.53, no.12, p.2494-255.
- X Miller, E.T., y Maurice, e., 1956, Geomagnetic measurements in the Gulf of Mexico and in then vicinity of Caryn Peak, *Geophysics*, v.21, no.2 p.406-432.
- Minster, J.B., y Jordan, T.H., 1978, Present-day plate motions, *Jour. of Geophys. Res.*, v.83, no.811, p.5331-5354.
- X Mobil Oil Corp, 1975, Gulf of Mexico basin, Maps.
- Molnar, P., y Sykes, L.R., 1969, Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from focal mechanisms and seismicity, *Geol. Soc. of Am. Bull.*, v.80, p.1639-1684.
- Moody, C.L., 1967, Gulf of Mexico distributive province, *AAPG Bull.*, v.51, no.2, p.179-199.
- Mooney, W.D., 1980, An east Pacific-Caribbean ridge during the Jurassic and Cretaceous and the evolution of western Colombia, in: Pilger, Rex H., ed: *The origen of the Gulf of Mexico and the Early opening of the Central Atlantic Ocean*, Proceedings of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.55-74.
- Moore, D.G., y Curray, J.R., 1963, Structural framework of the cotinental terrace, north-west Gulf of Mexico, *Jour. of Geophys. Res.*, v.68, p.1725-1747.

- ✓ Moore, G.W., 1972, Crust and mantle of the Gulf of Mexico, *Nature*, v.238, no.5365, p.452-453.
- Moore, G.W., y del Castillo, L., 1974, Tectonic evolution of the southern Gulf of Mexico, *Geol. Soc. of Am. Bull.*, v.85, p.607-618.
- Mooser, F., A.E.M. Nair y J.F.W. Negendank, 1974, Paleomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks: XIII, A paleomagnetic and petrologic study of volcanics of the Valley of Mexico, *Geol. Rdsch.*, v.63, p.451-483.
- ✗ Morán-Zenteno, D., 1986., Breve discusión sobre la evolución tectónica de México, *Geofísica Internacional*, vol.25, no.1, p.9-38.
- Morel, P., e Irving, E., 1980, Late Paleozoic reconstruction of the continents based on paleomagnetism, in: Pilger, Rex H., ed: *The origin of the Gulf of Mexico and the Early opening of the Central North Atlantic Ocean*, Proceedings of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.75-78.
- ✗ Morel, P. e Irving, E., 1981, Paleomagnetism and the evolution of Pangea, *Jour. Geophys. Res.*, v.86, p.1858-1872.
- Morris, R.C., 1974, Sedimentary and tectonic history of the Ouachita mountains, *Tectonics and Sedimentation*, ed; William R. Dickinson, *Soc. of Eco. Paleon. and Min.*, no.22, p.1339-1347.
- Mota-Palomino, J. Andrieux y Bonnin., 1986., Bosquejo sismotectónico del sur de México, *Geofísica Intenacional*, no.1, vol.25, p.207-232.
- Nair, A.E.M., J.F.W. Negendank, H.C. Noltimier y T.J. Schmidt, 1975, Paleomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rock. X, The ignimbrites and lava units west of Durango, Mexico, *N. Jb. Geol. Palaont.*, v.11, p.664-678.
- Nair, A.E.M., 1976, A paleomagnetic study of certain Mesozoic formations in northern Mexico—reply, *Phys. Earth Planet. Inter.*, v.16, p.287.
- Nowling, W.D., Harding, J.L., D.E., 1965, A reconnaissance study of the Sigsbee Knolls of the Gulf of Mexico, *Jour. of Geophys. Res.*, v.70, p.1339-1347.
- ✓ Ortuño, S.A., 1986, *Estratigrafía y evolución tectónica del área La Zacatera, Istmo de Tehuantepec, México*, Tesis Maestría, DEPFI, UNAM, 120p.
- ✗ Padilla y Sanchez, R.J., 1982, Geologic evolution of the Sierra

Madre Oriental between Linares, Concepcion del Oro, Saltillo, and Monterrey, Mexico, Ph. D. Dissertation, University of Texas at Austin, 217p.

Padilla y Sánchez, R.J., 1985, Tectónica Pospaleozoica del noreste de México y su relación con la evolución del Golfo de México., GEOS, Epoca II, no.3, P.35, Reunión anual de Unión Geofísica Mexicana.

X Padilla y Sánchez, R.J., 1986, Post-Paleozoico tectonics of northeast Mexico and its role on the evolution of the Gulf of Mexico., Geofísica Internacional, vol.25, no.1, p.157-206.

Paine, W.R., and Meyerhoff, A.A., 1970, Gulf of Mexico: Interactions among tectonics sedimentation and hydrocarbon accumulation trans. Gulf. Coast. Assoc. Geol.Soc., v.20, p 5-43.

Phillips, J.D., y Forsyth, D., 1972, Plate tectonics, paleomagnetism, and the opening of the Atlantic, Geol. Soc. Am. Bull., v.83, p.1579-1600.

Pilger, R.H., 1978, A closed Guf of Mexico, Pre-Atlantic Ocean plate reconstruction and the Early eift history of the Gulf and North Atantic, Trans. Gulf. Coast Assoc. of Geol. Soc., v.xxviii, p.385-393.

Pindell, J., y Dewey, F.J., 1982, Permo Triassic reconstruction of western Pangea and the Evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean Region, Tecctonics, v.1, no.2, p.179-211.

Pindell, J., 1985, Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean, Tectonics, v.4, p.1.39.

Pitman, W.C., y Talwani, M.1972, Sea-floor spreading in the North Atlantic, Geol.Soc. of Am. Bull., v.83, p.619-646.

Pyle, T.E., Antoine, J.W., Fahiquist, D.A., Brayant, W.R., 1969, Magmatic anomalies in Straits of Florida, AAPG Bull., v.53, no.12, p.2501-2505.

Quezada-Muñeton, 1975, Estudio geológico del prospecto Cintalapa-La Ventosa, I.G. 590-A (final), PEMEX, Z inedito, 158p.

Rainwater, E.H., 1967, Resume of Jurassic to recent sedimentation history of the Glf of Mexico bain, Gulf Coast Assoc. Trans., v.17, p.179-210.

Rodolfo, K.S., 1971, Constrasting geometric adjustment styles of drifting continents and spreading sea floor, Jour. of Geophys. Res., v.76, no.12, p.2501-2505.

- Ross, C.A., 1979, Late Paleozoic collision of North and South America, *Geology*, v.7, p.41-44.
- Salvador, A., y Green, A.R., 1980, Opening of the Caribbean Tethys, p.10-26, C.G.I., Paris.
- Sandoval Ochoa, J.H., 1975, Anomalías Geofísicas y su relación con la tectónica de la porción sur del Golfo de México, Tesis de Maestría en Ciencias (Geofísica), UNAM.
- Schmalz, R.F., 1969, Deep-water evaporite deposition, A genetic model, *AAPG Bull.*, v.53, no.4, p.798-823.
- X Schmidt-Effing, R., 1980, The Huayacocotla Aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico, in: Pilger, Rex H., ed: The origin of The Gulf of Mexico and Proceedings of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge, p.79-86.
- Shurbet, D.H., 1968, Upper-mantle structure beneath the margin of the Gulf of Mexico, *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.63, p.1193-1200.
- Shurbet, D.H., y Cebull, S.E., 1975, The age of the crust beneath the Gulf of Mexico, *Tectonophysics*, v.28, p.t25-t30.
- Shurbet, D.H., y Cebull, S.E., 1984, Tectonic interpretation of the Trans-Mexicano Volcanic Belt, *Tectonophysics*, v.101, p.159-165.
- Sibuet, J.C., y Mascle, J., 1978, Plate kinematic implications of Atlantic Equatorial fracture zone trends, *Jour. of Geophys. Res.*, v.83, p.3401-3421.
- Smith, T.E., y Noltimier, H.V., 1979, Paleomagnetism of the Newark trend igneous rocks of the north central Appalachians and the opening of the central Atlantic Ocean, *Am. Jour. Science*, v.279, p.778-807.
- X Strangway, D.W., B.E. McMahon, T.R. Walker, & Larson, 1971, Anomalous Pliocene paleomagnetic pole position from Baja California, *Earth Planet. Sci. Lett.*, v.13, p.161-166.
- Sutter, J.F., 1979, Late Cretaceous collisional tectonics along the Motagua fault zone, Guatemala (abs). *Geol. Soc. of Am. Abs. with progras*, v.11, p.525.
- Tanner, W.F., 1965, The origin of the Gulf of Mexico, *Gulf Coast Assoc. of Geol. Soc. Trans.*, v.15, p.41-44.
- Tarr, A.C., 1969, Rayleigh wave dispersion in the North Atlantic Ocean, Caribbean Sea and Gulf of Mexico, *Jour. Geophys. Res.*, v.74, p.1591-1607.
- Talwani, M., y Ewing, M., 1963, a continuous gravity profile over

the Sigsbee Knolls, Jour. of Geophys. Res., V.68, no.7, p.4434-4437.

- X Treviño, R.A., 1986., Investigaciones magnetoestratigráficas y paleomagnéticas de la Formación Morelos, estado de Guerrero, México., Tesis de Maestría, UNAM.
- Treviño, R. A., Bocanegra, M.G., y Urrutia J. F., 1985., Magnetoestratigrafía para el Albiano -Cenomaniano del Sur de México., GEOS, bolletin, Epoca II, no.3, p.19, Reunión anual de Unión Geofísica Mexicana
- Uchupi, E., 1967, Bathymetric of the Gulf of Mexico, Trans. Gulf Coast Assoc. Soc., v.17, p.161-172.
- Uchupi, E., y Emery, K.O., 1968, Structure of continental margin of Gulf Coast of United States, AAPG Bull., v.52, p.1162-1193.
- Uchupi, E., 1973, The continental margin of eastern Yucatan and Western Caribbean tectonics, AAPG Bull., v.57, p.1074-1085.
- X Uchupi, E., 1975, Physiography of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea, in: The ocean basins and margins, vol.3, The Gulf of Mexico and the Caribbean Sea, ed: by A.E.M. Nair and F.G. Stehli, p.1-53, Plenum Press.
- X Urrutia-Fucugauchi, J., 1980, Paleomagnetic studies on Mexican rocks, Ph.D. Thesis, University of Newcastle Upon Tyne, England, 689p.
- X Urrutia-Fucugauchi, J., 1981, Paleomagnetic evidence for tectonic rotation of northern Mexico and the continuity of the Cordilleran orogenic belt between Nevada and Chihuahua, Geology, v.9, p.178-183.
- X Urrutia-Fucugauchi, J., y Van der Voo, R., 1983, Reconnaissance paleomagnetic study of Cretaceous limestone from Southern of Mexico, EOS (Trans. Am. Geophys. Union).
- X Urrutia-Fucugauchi, J., 1984, Plate reconstruction from Paleozoic paleomagnetism, On the tectonic evolution of Mexico, paleomagnetic constraints, Geodynamicy Series, Am. Geophys. Union, v.12, p.29-47.
- Urrutia-Fucugauchi, J., Bocanegra, M.G., y Treviño, R.A., 1986, Estudio Paleomagnético de los Lechos Rojos de la Formación Todos Santos, Oaxaca y algunas alternativas de la evolución tectónica para esta area; GEOS, Reunión anual de la Unión Geofísica Mexicana, Bol., Epoca II, P.13.
- Van Alstine, D.R. y de Boer, J., 1978, A new technique for constructing apparent polar wander paths and the revised

- Phanerozoic path for North America, *Geology*, v.6, p.137-139.
- Van der Voo, R., Mauk, y French, R.B., 1976, Permian-Triassic continental configurations and the origin of the Gulf of Mexico, *Geology*, v.4, p.177-180.
- Vedder, J.G., NacLeod, N.S., Lanphere, M.A., y Dillon, W.P., 1973, Age and tectonic implications of some low-grade metamorphic rocks from the Yucatan Chanel, *Jour. Res. U.S. Geol. Survey*, v.1, no.2, p.157-164.
- Viniegra, O. F., 1971, Age and evolution of salt basins of southeastern AAPG Bull., v.55, no.3, p.493-513.
- Vinson, G.L., y Brineman, J.H., 1963, Nuclear Central America. Hub of Antillean transverse belt, AAPG Bull., Mem. II, p.101-102
- Wadge, G., y Burke, K., 1983, Neogene Caribbean Plate rotation and associated Central American Tectonic evolution, *Tectonics*, v.2, no.6, p.633-643.
- Walker, J.R., y Ensminger, H.R., 1970 Effect of diapirism on sedimentation in the Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.54, p.2058-2060.
- Walper, J.L., y Rowett, C.L., 1972, Plate tectonic and the origin of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico, *Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc. Trans.* v.xxii, p.105-116.
- Walper, J.L., 1980, Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, in: Pilger, R. KH., ed: The origin of the Gulf of Mexico and the Early opening of the Central North Atlantic Ocean, *Proceedings of a symposium at Louisiana State University, Baton Rouge*, p.87-98.
- x Wegener, A., 1929, The origin of continents and oceans, 4th., p.246, Dover, New York.
- Wichman, Roeder, D., y Briggs, G., 1976, Plate tectonic model for the Ouachita foldbelt, *Geology*, v.4, no.3, p.173-176.
- Wilhelm, O., y Ewing, M., 1972, Geology and history of the Gulf of Mexico, *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.83, p.291-336.
- Wilson, J.T., 1966, Did the Atlantic close and re-open?, *Nature*, v.211, p.676-681.
- Winker, C.D., 1981, Cenozoic shelf margins, northwestern Gulf of Mexico, *Soc. Eco. Paleon. and Min.*, v.xxxii, p.437-448.
- Wood, M.L., y Walper, J.L., 1974. The evolution of the interior Mesozoic basin and the Gulf of Mexico, *Trans. Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc.*, v.24, p.3141.

- Worzel, J.L., Leyden, R., y Ewing, M., 1968. Newly discovered diapirs in Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.52, p.1194-1203.
- Worzel, J.L., y Watkins, J.S., 1973. Evolution of the northern gulf coast deduced from geophysical data, Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans., v.23, p.84-91.
- Worzel, J.L., y Burk, C.A., 1978. Margins of Gulf of Mexico, AAPG Bull., v.62, no.11, p.2290-2303.
- Yarborough, H., 1967. Geology history of the gulf basin (abs.), Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans., v.17, p.160.
- Yungul, S.H., y Dehlinger, P., 1962. Preliminary free-air gravity map of the Gulf of Mexico from surface-ship measurements and its tectonic implications, Jour. of Geophys. Res., v.67, p.4721-4728.
- Yungul, S.H., 1971. Magnetic anomalies and the possibilities of continental drifting in the Gulf of Mexico, Jour. of Geophys. Res., v.76, no.11, p.2639-2642.
- Y Zijderveld, J.D.A., 1967, A.C. demagnetization of rocks: Analysis of results, in: Methods in paleomagnetism, ed. D.W. Collinson, K.W. Creer, y S.K. Runcorn, p.254-286.
- Y Zijderveld, J.D.A., Hazeu, G.J.A., Nardin, M., y Van der Voo, R., 1970. Shear in the Tethys and the Permian paleomagnetism in the southern Alps, including new results, Tectonophysics, v.10, p.639-661.