

01179
2e)
2

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE LOS BATOLITOS DEL TERRENO GUERRERO
ENTRE FUERTO VALLARTA Y ZIHUATANEJO

IRMA SILVIA GONZALEZ HUESCA

TESIS

PRESENTADA A LA DIVISION 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
(EXPLORACION)

CIUDAD UNIVERSITARIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

RESUMEN

La margen continental del Sur de México se caracteriza por la presencia de varias provincias litológicas con diferentes características estratigráficas, tectónicas, estructurales y tipos de basamento. Entre estas provincias se tienen al terreno Guerrero, al terreno Mixteco, y al terreno Xolapa. El terreno Guerrero se localiza a lo largo de la margen continental pacífica mexicana entre Puerto Vallarta, Jal. y Zihuatanejo, Gro. Este terreno se caracteriza por la presencia de una serie de complejos batolíticos de carácter calco-alcalino, con edades de Cretácico Tardío a Terciario Temprano. Estos complejos intrusionan a secuencias vulcano-sedimentarias, así como a rocas metamórficas (esquistos y filitas), las cuales tienen edades de al menos Jurásico Tardío. En función de los datos geológicos, geoquímicos, estructurales y petrográficos encontrados, el terreno Guerrero probablemente se originó como una serie de arcos de islas volcánicas asociados con varias cuencas marinas relativamente someras, los cuales posteriormente se integraron al margen continental mexicano. Los datos paleomagnéticos obtenidos en 38 sitios, muestreados en siete complejos batolíticos diferentes dentro de este terreno indican que este no ha tenido grandes cambios en su paleolatitud relativa con respecto al cratón de Norte América, así como tampoco indican la existencia de movimientos de rotación a gran escala desde el Cretácico Tardío hasta el Reciente. Estos datos apoyan un origen para el terreno con una posición relativa a México muy similar a la presente. Los datos por otra parte descartan la hipótesis de Campa y Coney (1983), los cuales proponen un proceso de tipo acrecionario para el terreno Guerrero durante el Terciario Temprano.

ESTUDIO PALEOMAGNETICO DE LOS BATOLITOS DEL TERRENO GUERRERO
ENTRE PUERTO VALLARTA Y ZIHUATANEJO.

IRMA SILVIA GONZALEZ HUESCA

INDICE

	pag.
RESUMEN.	
1. INTRODUCCION.	1
2. GEOLOGIA Y DATOS GEOCRONOLOGICOS DE LA REGION.	3
3. MODELOS TECTONICOS PROPUESTOS PARA EL MARGEN CONTINENTAL PACIFICO.	19
4. PETROGRAFIA Y MICROSCOPIA DE OXIDOS MAGNETICOS.	25
5. PALEOMAGNETISMO.	73
6. CONCLUSIONES.	99
REFERENCIAS.	101

1. INTRODUCCION

Actualmente existen una gran cantidad de modelos tectónicos dentro de la literatura científica, que tratan de explicar cuál ha sido la configuración de los continentes en diferentes épocas geológicas, tratando de conocer su evolución hasta llegar a la forma que tienen hoy en día.

Sin embargo, la parte que corresponde a México, al Sur del Eje Neovolcánico, por lo general no es considerada dentro de la gran mayoría de estos modelos o bien no concuerda con ellos.

Por esta razón se considera de sumo interés dentro de la interpretación geológico-tectónica de México, el estudio de su porción Sur, obteniendo datos que nos permitan inferir cuál ha sido su evolución tectónica, hasta llegar a su configuración actual.

Por otra parte estudios recientes han identificado la presencia de varios terrenos con características litológicas únicas, (posiblemente de origen alóctono) dentro de la margen continental Pacífica del Sur de México.

Este trabajo en particular se enfoca al estudio paleomagnético, geológico y petrográfico de 20 sitios dentro de la serie de complejos batolíticos que intrusionan al denominado terreno Guerrero, a lo largo de la costa del Pacífico mexicano. Estos datos son usados para tratar de conocer la historia geológica del terreno Guerrero así como sus posibles movimientos dentro de la margen continental Pacífica.

El terreno Guerrero esta compuesto principalmente por rocas volcánicas submarinas y secuencias sedimentarias de posible edad Jurásico-Cretácico Temprano. Estas rocas a su vez se encuentran

intrusionadas por rocas graníticas (batolitos), con edades que varían de Cretácico Tardío a Terciario Tardío, producidas por los procesos relacionados con la subducción de las paleo-placas de la Cuenca del Pacífico.

El terreno Guerrero, probablemente se originó como una serie de arcos de islas volcánicas, con sus correspondientes cuencas de Pre-Arco y Post-Arco, los cuales al desarrollarse dieron como resultado un "crecimiento" de la masa continental, sin que se produjeran cambios latitudinales significativos para el terreno desde por lo menos Cretácico Temprano hasta el Reciente.

Los datos paleomagnéticos y geológicos, encontrados durante el presente trabajo apoyan la hipótesis anterior y descartan la idea de Campa y Coney (1983), los cuales proponen un proceso de acreción para el terreno durante el Terciario Temprano, asociándolo con la fase orogénica laramídica.

2. GEOLOGIA Y DATOS GEOCRONOLOGICOS DE LA REGION.

2.1 GEOLOGIA.

La región estudiada se localiza a lo largo de la margen continental pacífica de México entre Puerto Vallarta, Jal. y Zihuatanejo, Gro. (Ver Fig. 1).

Actualmente se tienen datos, que indican la presencia de varias provincias litológicas con características particulares para el sur de México. Dentro de estos datos se encuentran: las observaciones sobre la presencia de diferentes tipos de basamentos para cada una de las provincias propuestas, así como diferentes ambientes de depósito, estilos de deformación y grados de metamorfismo.

Además se observa que los límites entre las diferentes provincias están constituidos en gran parte por fallas, las cuales llegan incluso a estar asociadas con franjas de rocas milonitizadas.

Estas observaciones permitieron a algunos investigadores introducir el concepto de análisis de terrenos tectonoestratigráficos "sospechosos" en México (Campa et al., 1980; Coney et al., 1980; Coney, 1983; Campa y Coney, 1983).

El término sospechoso es utilizado para indicar que la posición paleogeográfica de estos terrenos es incierta con respecto al Cratón de Norteamérica (Coney, 1978; Coney et al., 1980; Jones et al., 1983).

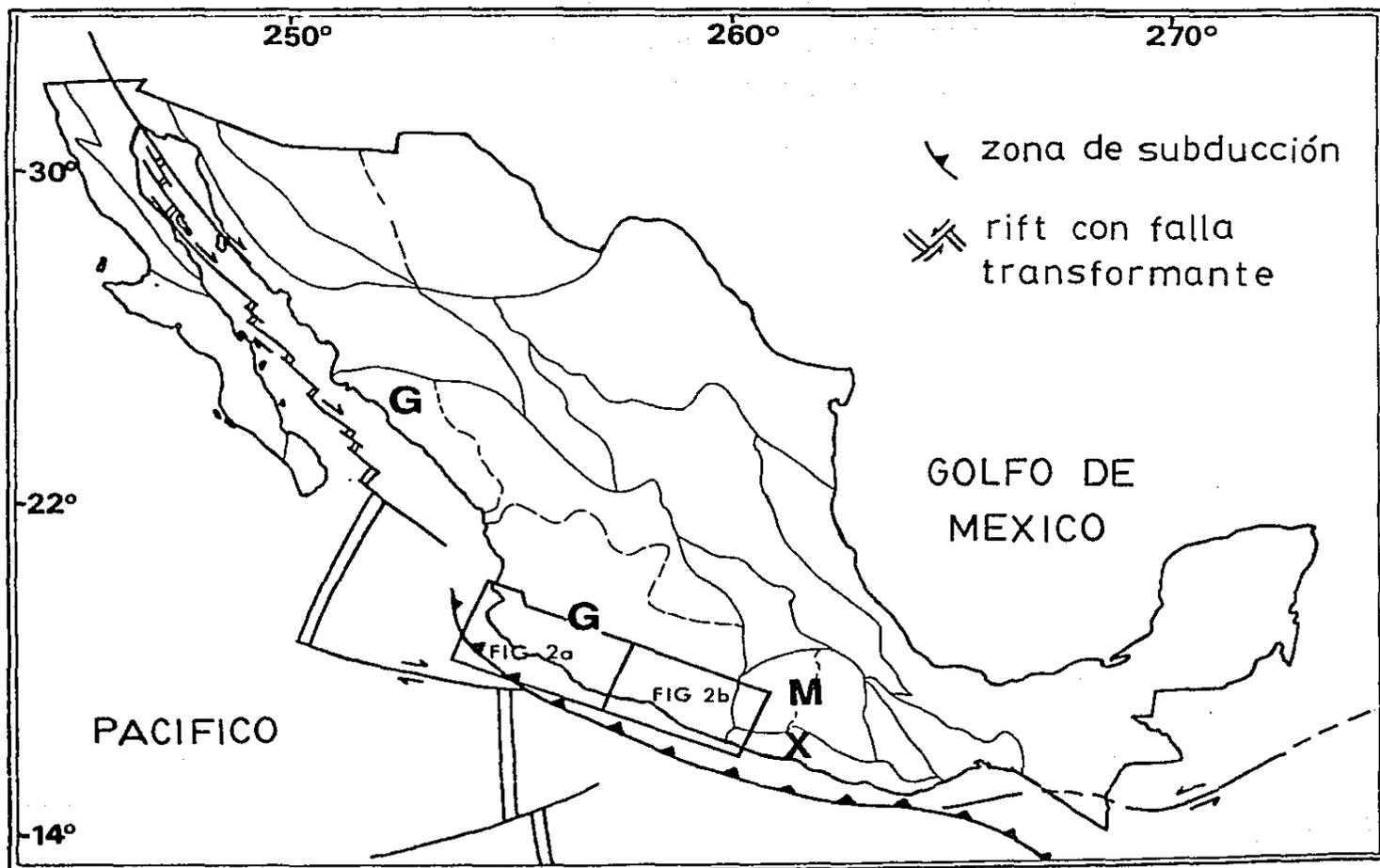


Figura 1. Mapa de los Terrenos Tectonoestratigráficos para México, de acuerdo con IMP-INEGI (1984), basado en gran parte en el mapa de Campa y Coney (1983). Las letras G, X, y M indican respectivamente a los terrenos Guerrero, Xolapa y Mixteco. Las líneas punteadas indican subdivisiones entre terrenos.

Los terrenos tectono-estratigraficos del sur de Mexico constituyen fragmentos de antiguos ambientes tectonicos, cuyas relaciones estratigraficas, paleogeograficas y tectonicas estan aun en discusion. Por otra parte tanto los limites asi como las subdivisiones entre terrenos tectono-estratigraficos son dificiles de definir sobre todo porque grandes porciones de Mexico estan cubiertas por rocas volcanicas Terciarias y Cuaternarias o bien por calizas Cretacicas. En las Figs. 2a y 2b se puede apreciar que para esta region de la margen continental del sur de Mexico se tiene la presencia de tres terrenos tectono-estratigraficos: Guerrero, Xolapa y Mixteco. Estando el limite entre estos tres terrenos al SE de Zihuatanejo, Gro.

TERRENO GUERRERO.

La region estudiada queda totalmente comprendida dentro del denominado terreno tectono-estratigrafico Guerrero (Campa y Coney, 1983), (Fig. 1).

En general este terreno esta caracterizado por la presencia de secuencias volcanicas andesiticas submarinas intercaladas con calizas, lutitas y areniscas con edades que varian del Jurastico-Cretacico Medio. Estas rocas son intrusionadas por complejos batoliticos con composiciones que varian de gabro-diorita y granodiorita-granito (Ver Capitulo 4), los cuales tienen edades que van del Cretacico Tardio al Terciario Tardio (ver Figuras 2a y 2b, asi como la Tabla 1).

Dentro de estos complejos batoliticos se encuentran los de : Puerto Vallarta, Punta Mita, Manzanillo, Jilotlan, Zihuatanejo, Punta San Telmo, Arteaga, Acapulco. (Ver Fig. 3).

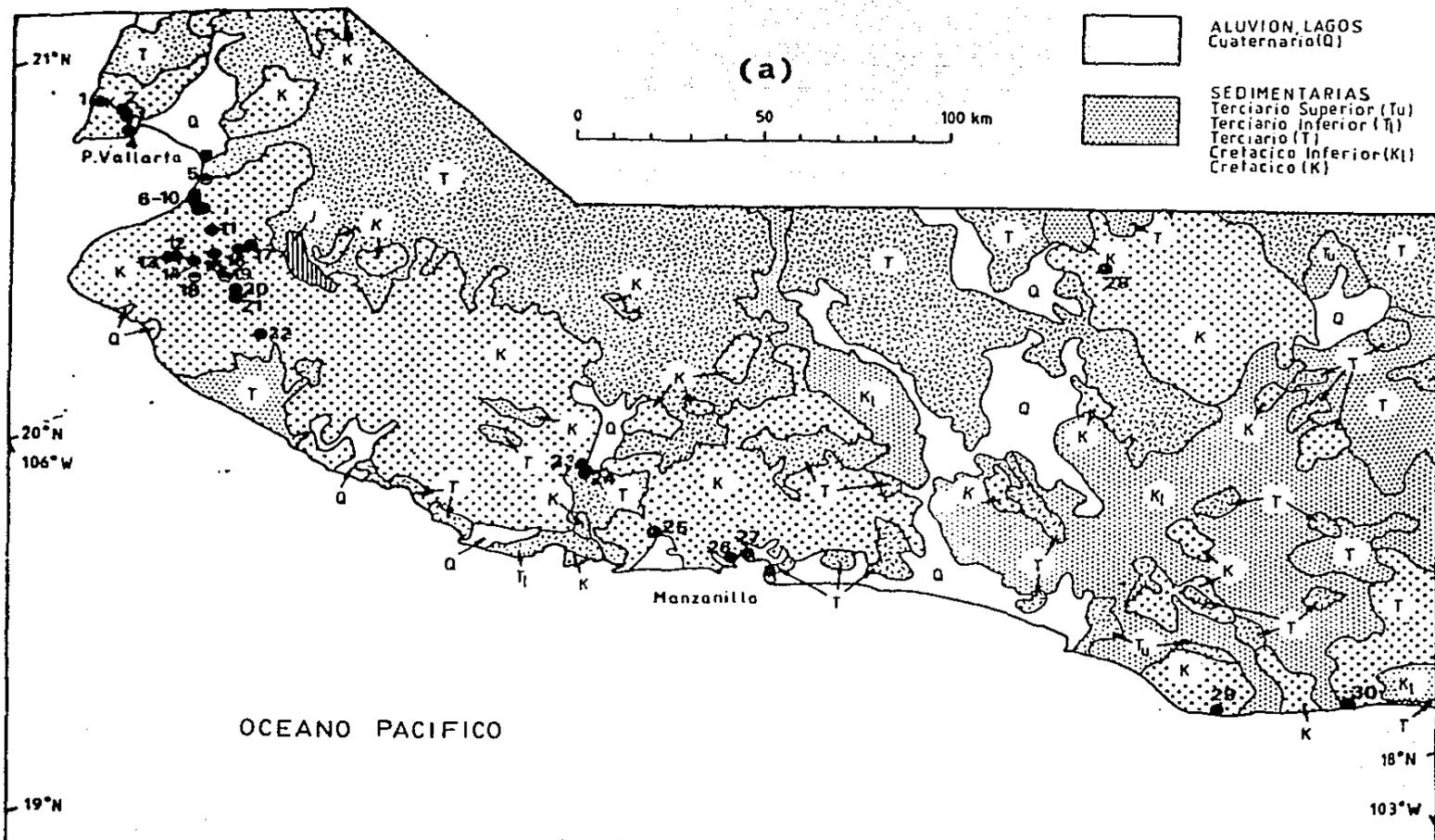


Figura 2. Mapa Geológico simplificado del área de estudio : (a) Parte Noroeste, y (b) Parte Sureste. Ver también la Figura 1. Los sitios para el muestreo paleomagnético están indicados con círculos negros, los números se refieren a las Tablas 1 y 2. Los límites entre los terrenos Guerrero, Xolapa y Mixteco están indicados con líneas gruesas.

VOLCANICAS
Terciario Superior (Tu)
Terciario Inferior (Ti)
Terciario (T)

INTRUSIVAS
Terciario (T)
CRETACICO (K)

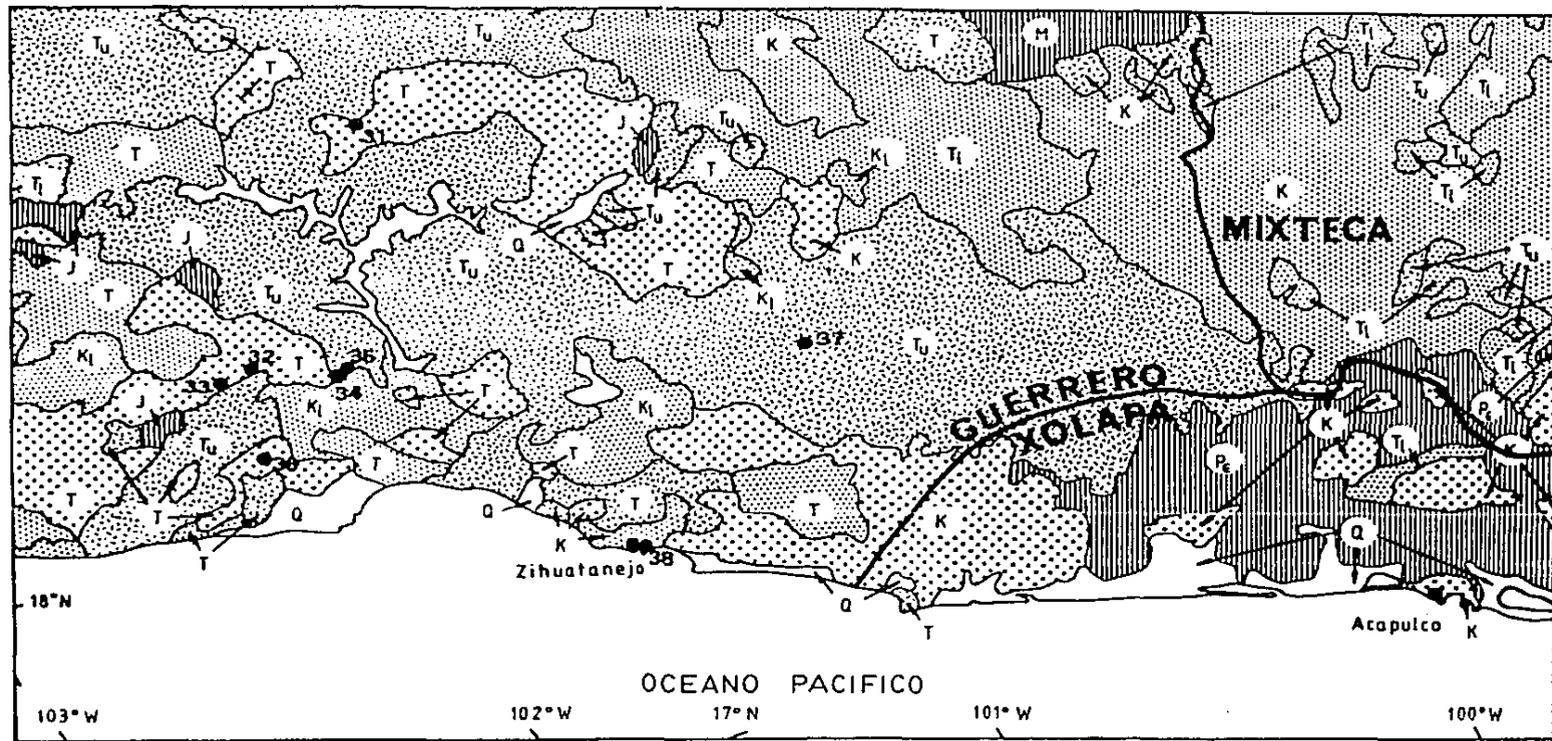
METAMORFICAS
Mesozoico (M)
Jurásico (J)
Precámbrico (P₂)

LIMITES ENTRE
TERRENOS TECTONOS
ESTRATIGRAFICOS

■ CIUDAD

● SITIO DE MUESTRO
PALEOMAGNETICO

(b)



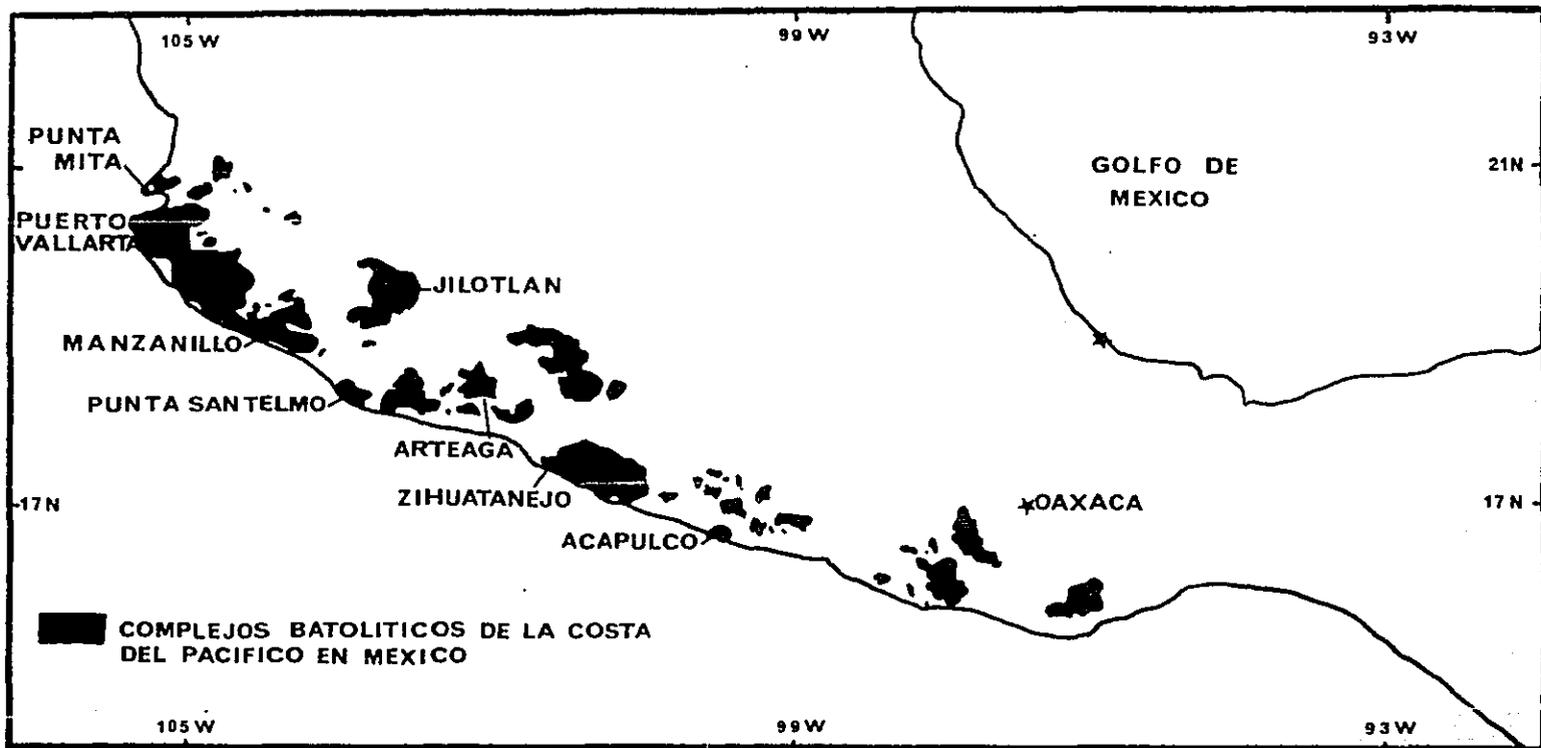


Figura 3. Localización de los complejos batolíticos del Margen Continental Pacífico. Dentro del Terreno tectonoestratigráfico Guerrero se encuentran los complejos de: Punta Mita, Puerto Vallarta, Manzanillo, Jilotlán, Punta San Telmo, Arteaga y Zihuatanejo. El batolito de Acapulco se encuentra dentro del Terreno Xolapa.

La litología de este terreno, así como las estructuras que presenta, además de los datos geoquímicos, indican que se originó como un arco de islas asociado a un margen continental convergente con una zona de subducción.

Un dato geocronológico de Pb- α de 315 \pm 15 m.a. obtenido en zircones del batolito de Manzanillo cerca de Cihuatlán, Colima reportado por Grajales y López (1983), que sugiere la presencia de rocas remanentes de un basamento antiguo dentro del terreno, no es apoyado por una edad de Rb/Sr de 69 \pm 1 m.a. obtenida por Schaaf (comunicación personal).

El terreno Guerrero presenta una gran variedad de tipos de rocas, secuencias estratigráficas, estilos estructurales así como diferentes grados de metamorfismo, estas evidencias nos sugieren que el terreno tiene una naturaleza compuesta.

Tentativamente el terreno Guerrero ha sido subdividido en tres subterrenos los cuales son: 1) Zihuatanejo, 2) Huetamo y 3) Teloloapan-Ixtapan (Campa y Coney, 1983), ya que sus límites aún no han sido establecidos.

El subterreno Zihuatanejo se ha propuesto, considerando las características de la región de Zihuatanejo, Gro. a lo largo de la costa de Michoacán, en Tumbiscatío y Arteaga, Michoacán, y en el estado de Colima. Incluye principalmente rocas volcánicas andesíticas, interestratificadas con calizas con fauna Albiana, algunas lutitas, areniscas y conglomerados. Localmente se han reportado algunos lechos rojos con huellas de dinosaurios, con una edad Jurásica, cerca de Playa Azul Mich., (Ferrusquia-Villafranca et al., 1978).

Las rocas están deformadas pero no presentan metamorfismo. No ha

sido reportado basamento para estas rocas. Las unidades más antiguas afloran hacia el NW de Zihuatanejo, donde geólogos de Pemex y del IMP han reportado tres unidades litoestratigráficas que varían en edad del Berriasiano al Cenomaniano. Estas unidades fueron agrupadas informalmente en las formaciones Alberca, Tecalitlán y Tepalcatepec.

La Formación Alberca consiste de lutitas negras, calizas arcillosas negras, areniscas calcáreas, tobas y flujos andesíticos. Amonitas encontradas en la base proporcionan una edad Berriasiana (Pimentel, 1980 en Grajales y Lopez, 1983). La Formación Tecalitlán esta compuesta por una secuencia andesítica de tobas, flujos de lavas intercalados con limolitas rojas. No han sido reportados fósiles o edades isotópicas de esta unidad. Sin embargo, debido al factor de que descansa concordantemente sobre la Formación Alberca, además de que le sobreyace la Formación Tepalcatepec la cual tiene una edad Albiano-Cenomaniano se le ha asignado una edad Barremiano-Aptiano (Rodríguez, 1980 en Grajales y López, 1983). La Formación Tepalcatepec esta compuesta por una secuencia de calizas de plataforma interestratificada con tobas, brechas volcánicas, flujos de lava andesíticos, riolíticos y latíticos, lechos rojos y localmente yeso. Su edad Albiano - Cenomaniano esta basada en abundantes macrofósiles y microfósiles.

Las formaciones descritas previamente, fueron depositadas en la cuenca Jalisco-Colima y afloran en el Oeste de Michoacán, Colima y Sur de Jalisco. No ha sido reportado basamento más antiguo de Cretácico Inferior para dichas regiones. Sin embargo hacia el SE

en el área de Playa Azul, Tumbiscatfo y Arteaga, Mich., una secuencia vulcano-sedimentaria metamorfizada es sobreyacida discordantemente por las formaciones Tecalitlán y Tepalcatepec. Una edad Triásico Superior(?) fue determinada para estratos de pedernal con radiolarios intercalados en la secuencia (Campa et al., 1982). Datos isotópicos de K-Ar de los granitos que intrusionan la secuencia dan una edad de 155 ± 22 m.a. (Grajales y López, 1983). Estos datos indican que la secuencia vulcano-sedimentaria metamorfizada es más antigua de Jurásico Superior.

Por otra parte hacia el NE de Zihuatanejo, en Pinzán Morado y Puerto del Oro aflora una secuencia de esquistos de biotita, filitas y rocas metavolcánicas, la cual es afectada por el intrusivo de Placeres del Oro que tiene composiciones que varían de granodiorita a diorita. Una edad de 100 m.a. ha sido obtenida para este intrusivo (Pantoja-Alor, 1983). Por lo que la edad de esta secuencia metamórfica es por lo menos pre-Albiana.

El subterreno Huetamo ha sido reportado en la región de Huetamo, Mich. Esta caracterizado por una secuencia de rocas sedimentarias volcanoclasticas del Jurásico Superior, la cual es sobreyacida por lutitas y areniscas del Neocomiano. Esta secuencia parecida a un flysch esta cubierta por calizas del Albiano interestratificadas con tobos y lechos rojos. El subterreno esta deformado pero no metamorfoseado. No hay basamento más antiguo de Jurásico Superior (Campa y Coney, 1983).

El subterreno Teloloapan-Ixtapan constituye el límite oriental del terreno Guerrero, esta caracterizado por una secuencia que presenta un grado bajo de metamorfismo, compuesta

de rocas volcánicas andesíticas y sedimentos volcanoclasticos interestratificados con calizas, lutitas y areniscas. Su edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior esta basada en el contenido de fósiles que presenta. No habían sido reportadas rocas mas antiguas del Jurásico Superior para este subterreno (Campa y Coney, 1983), sin embargo rocas del Paleozoico Superior (?) fueron reportadas para la región de Zacualpan, Mexico localizadas dentro del subterreno Teloloapan-Ixtapan (Diaz, 1980). Esta secuencia esta compuesta, de la base a la cima por el Esquisto Taxco, un esquisto de clorita, sobreyacido en turno por la Formación Ayotusco compuesta por lutitas negras con intercalaciones de cuarzita y algunas calizas foliadas, encima de la cual descansa una secuencia volcánica formada por tobas, lutitas, lahares de andesita y flujos de lava que por sí mismos han sido denominados Roca Verde Taxco Viejo (Fries, 1965). Las relaciones estratigráficas de estas unidades litológicas son obscuras. Las edades estan basadas en observaciones de campo. No han sido reportados fósiles o datos isotópicos para esta secuencia. Sin embargo aunque la edad de esta secuencia es incierta, es evidente que es previa a las rocas marinas por lo que puede ser Pre-Jurásica.

BATOLITOS DEL TERRENO GUERRERO.

Por otra parte a lo largo de la margen continental pacífica del terreno Guerrero una característica muy importante es la presencia de varios complejos batolíticos calco-alcalinos de grandes dimensiones, emplazados dentro de las secuencias sedimentarias, vulcano-sedimentarias, volcánicas y metamórficas

del terreno Guerrero. La actividad ígnea no parece ser mas antigua del Jurásico (De Cserna, 1978; Mujica, 1978; Pantoja-Alor 1983; Pantoja-Alor y Estrada-Barraza, 1986; Kohler et al., 1988).

Durante el Jurásico Superior y hasta el Cretácico Inferior la actividad magmática calco-alkalina que produjo a los intrusivos, ocurrió a lo largo de la margen, producida por los fenómenos asociados con la subducción.

La polaridad de la subducción ha sido tema de discusión, proponiéndose polaridades tanto hacia el Este (Campa, 1978), como hacia el Oeste (Urrutia-Fucugauchi, 1980).

Estudios isotópicos, geoquímicos y petrográficos de estos cuerpos intrusivos sugieren la presencia de un ambiente de arco magmático (Köhler et al., 1988; Schaaf et al., 1988).

Los granitos tienen un carácter fuertemente calco-alkalino y contienen biotita, hornblenda, magnetita y titanomagnetita. Además corresponden con los granitos Tipo I de Chappel y White (1974) y a las series de magnetita de Ishihara (1977) y Takahashi et al. (1984).

Estudios detallados de minerales opacos de los complejos granitoides de Puerto Vallarta (Böhnel y Negendank, 1988), así como los realizados durante este trabajo (ver capítulo 4), muestran que ellos contienen principalmente óxidos de las series de titanomagnetita con tamaños de grano variables y con estados de oxidación de alta temperatura.

TERRENO XOLAPA.

El terreno Xolapa se extiende a lo largo de un cinturón de

cerca de 600 km de largo, con un ancho de 50-150 km, al SE de Zihuatanejo (ver Fig. 1).

En el área al Norte de Acapulco, el terreno Xolapa esta compuesto por esquistos de biotita y gneisses, cuarzitas, mármoles y pegmatitas (De Cserna, 1965).

Hacia el Sureste existen esquistos verdes (a partir de rocas sedimentarias) así como ortogneisses y migmatitas.

La edad y estratigrafía del terreno Xolapa son aún inciertas. Las edades radiométricas obtenidas de este terreno van desde el Cámbrico hasta el Terciario (por ejemplo: De Cserna et al., 1962, 1975; Halpern et al., 1974; Guerrero-García et al., 1978). Las edades Precámbricas y Paleozoicas han sido propuestas inclusive a partir de inferencias de tipo geológico (De Cserna, 1965; Kesler y Heath, 1970). Los cuerpos batolíticos tienen composiciones de granito, cuarzo-monzonita y granodiorita con edades del Cretácico Superior al Terciario Inferior. Ortega-Gutierrez (1981) ha interpretado este terreno como las raices de un arco magmático Mesozoico. Morán-Zenteno et al., (1986) han propuesto que el terreno podría haber arribado a su presente posición relativa entre el Jurásico Medio-Cretácico Inferior.

TERRENO MIXTECO.

Este terreno esta caracterizado por un basamento Paleozoico agrupado dentro del complejo Acatlán (Ortega-Gutierrez, 1981). Este complejo esta compuesto de una asociación para-autóctona de meta-sedimentos, metavolcánicas, así como intrusivos ultramáficos metamorfoseados a esquistos y migmatitas, además de una asociación alóctona de meta-ofiolitas, rocas verdes, milonitas y

una unidad clástica.

Las edades radiométricas varían de 480 m.a. a 173 m.a. (Ruiz-Castellanos, 1979), pero este rango de edades puede ser extendido hasta 540 m.a considerando los reportes de crinoides.

El complejo Acatlán es intrusionado por el tronco tronohjemítico de Totoltepec de edad Ordovícica, y un enjambre de sills y diques Triásicos, no-deformados, graníticos, aplíticos y pegmatíticos, conocidos con el nombre de Diques San Miguel (Fries et al., 1970; Ruiz-Castellanos, 1979; Ortega-Gutierrez, 1981).

El complejo Acatlán presenta una estructura compleja como resultado de al menos cuatro fases de deformación, la mayoría de ellas no-coaxiales (Ortega-Gutierrez, 1981).

2.2 GEOCROLOGIA.

Uno de los principales objetivos de este trabajo fue el obtener datos paleomagnéticos de los mismos sitios muestreados dentro de los intrusivos del terreno Guerrero, por el grupo de geocronología de la Universidad de Munich, Alemania Federal, dentro de un proyecto conjunto con el Instituto de Geofísica de la UNAM.

Por esta razón se cuenta con un buen control de edades para la mayoría de los sitios muestreados para el trabajo paleomagnético.

A continuación se enumeran parte de estos resultados geocronológicos obtenidos para los batolitos del terreno Guerrero:

a) El gran batolito de Puerto Vallarta es un cuerpo heterogéneo, las rocas varían en composición de granitos a granodioritas y tonalitas. Las investigaciones de campo, microscópicas, así como

los datos geoquímicos (Schaaf, comunicación personal) indican la presencia de al menos 2 fases diferentes de intrusión.

Los resultados isotópicos indican que los cocientes iniciales de estroncio ($^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$) para el batolito de Puerto Vallarta varían de 0.7035 a 0.7055, sugiriendo un posible origen del manto (Köhler et al., 1988).

Una línea de regresión obtenida a partir de 22 muestras de roca total de este intrusivo (Schaaf et al., 1988) indica una edad de intrusión de 105 m.a.. Esta edad fue confirmada por medio del fechamiento por Rb/Sr de ocho concentrados de biotita y un fechamiento K/Ar de una hornblenda.

La edad de enfriamiento, referida a la temperatura de $350 \pm 50^\circ \text{C}$ del sistema Rb/Sr para la biotita, varía entre 76 y 84 ± 2 m.a. Para la hornblenda cuya temperatura de cierre es de $540 \pm 60^\circ \text{C}$, la edad es de 86 \pm m.a.

b) El complejo intrusivo de Manzanillo, al Sur del batolito de Puerto Vallarta parece ser mas homogéneo que este.

Este complejo es mas pequeño, encontrándose granitos, granodioritas, monzo-gabros y gabros.

Una línea de regresión obtenida a partir de 10 muestras de roca total de este complejo indica una edad de 71 \pm 2 m.a. con una relación inicial de estroncio de 0.7035 .

El estudio de tres concentrados de biotita dio edades de enfriamiento por medio de Rb/Sr de 59.6 y 69 ± 2 m.a. para este intrusivo.

c) El estudio de muestras del complejo de Punta Mita, al Norte de Puerto Vallarta, tomadas de gabros, granitos y granodioritas, en

parte con una débil textura gneissica, no permite la construcción de una isocrona. Las edades de 48 y 66 m.a. obtenidas a partir de concentrados de biotita subrayan la heterogeneidad de este cuerpo.

d) En el complejo de Jilotlán al SE de Puerto Vallarta se tomaron muestras de tres gabros y tres granitos. Estas dos diferentes composiciones deben de haber pertenecido a dos fases diferentes de intrusión. La edad de estas fases podría ser obtenida con un número mayor de muestras, ya que por el momento los datos son insuficientes como para poder calcular una isocrona confiable. Sin embargo para un concentrado de biotita de una muestra de granito se calculó una edad de enfriamiento de 55 ± 2 m.a.

Existen además otros resultados geocronológicos para los intrusivos del terreno Guerrero, obtenidos por Gastil et al., (1976); Grajales-Nishimura y López-Infanzon (1983); y Pantoja-Alor (1983, 1988), los cuales también fueron utilizados durante la interpretación de los datos paleomagnéticos, estos datos se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Localización, Litología y Edad de los Sitios Muestreados para Estudios Paleomagnéticos dentro del Terreno Guerrero.

Sitio	Coordenadas		Tipo de Roca *	Edad y Comentarios
	Grados N	Grados W		
1	20.86	105.42	Granito Biot/Horn	Dos edades de enfriam. de biotita dan edades de 48 y 66 Ma. (e).
2	20.81	105.39	Cuarzo Monzonita	
3	20.80	105.38	Cuarzo Diorita	De acuerdo con varios estudios geocronológicos (ver referencias a,b,c e) las rocas de este intrusivo fueron emplazadas hace 105 Ma. (Por medio de 20 determinaciones Rb/Sr de roca total). Las edades de enfriamiento de la biotita son de 76 a 84 Ma. Por lo tanto la edad de la remanencia es de 100 a 80 Ma.
4	20.75	105.40	Cuarzo Diorita	
5	20.57	105.25	Granito Biot/Horn	Por medio de 10 det. Rb/Sr de roca tot. se determinó una edad de 71+/-2 Ma. (e).
6	20.54	105.29	Granodiorita	
7	20.53	105.30	Granito	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
8	20.51	105.31	Granodiorita	
9	19.46	104.66	Granod. Biot/Horn	Terciario Sup.
10	20.48	105.29	Granodiorita	
11	20.41	105.30	Trondhemita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
12	20.38	105.42	Tonalita	
13	20.38	105.42	Tonalita Aplitica	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
14	20.35	105.37	Cuarzo-Monzonita	
15	20.35	105.32	Tonalita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
16	20.35	105.26	Granito deformado	
17	20.35	105.23	Granodiorita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
18	20.31	105.39	Granito de Biotita	
19	20.28	105.32	Granito de Biotita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
20	20.24	105.31	Granito de Biotita	
21	20.24	105.32	Granodiorita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
22	20.09	105.30	Granodiorita	
23	20.49	105.30	Monzogabro	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
24	19.46	104.66	Gabro	
25	19.25	104.55	Xenol Cuarzo/Monz.	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
26	19.11	104.38	Diorita	
27	19.12	104.33	Micro-Diorita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
28	19.56	103.20	Monzogabro	
29	18.29	103.39	Granito	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
30	18.20	103.08	Granito	
31	18.88	101.74	Granito	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
32	18.41	102.21	Granodiorita	
33	18.37	102.29	Granodiorita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
34	18.30	102.26	Monzodiorita	
35	18.30	102.07	Monzodiorita	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
36	18.15	102.28	Porf. Cuarzo/Monz.	
37	18.0	101.2	Granito	Se reportan edades (b) entre los 44+/-3 y 57+/-1.
38	17.60	101.45	Granito Biot/Horn.	

Nota: Las edades absolutas proporcionadas en la última columna están basadas en: a) Gastil et al. 1976; b) Grajales-Nishimura y López-Infanzón 1983; c) Köhler et al. 1988; d) Pantoja-Alor 1983, 1988 y comunicación personal; Schaaf et al., 1988, y comunicación personal. Las edades relativas están basadas en los mapas geológicos de INEGI (1980).

* Ver Capítulo 4 (Petrografía).

3. MODELOS TECTONICOS PROPUESTOS PARA EL MARGEN CONTINENTAL PACIFICO DE MEXICO

Estudios recientes realizados dentro del margen continental Oeste de Norte América, indican una evolución compleja, involucrando la presencia de varios bloques o terrenos tectono-estratigráficos los cuales presentan diferentes historias tectónicas, secuencias estratigráficas y tipos de basamentos, lo cual implica una historia geológica muy móvil (Beck, 1976, 1980, 1988; Irving, 1979).

Antes de su acreción al margen continental pacífico de Norteamérica, dichos terrenos alóctonos pudieron haber sido transportados a su posición actual por medio de dos procesos principales: a) Transporte sobre una placa oceánica, o b) Por convergencia oblicua de fragmentos desprendidos a lo largo de una zona de subduccion o un sistema de fallas transformes (Beck, 1983).

Ambos tipos de procesos pueden causar cambios en la latitud geográfica y/o rotación de terrenos, los cuales pueden ser determinados por métodos paleomagnéticos, comparando las inclinaciones y declinaciones remanentes de cada terreno, con los datos correspondientes de los terrenos vecinos.

En particular la región estudiada (ver Fig. 1), se localiza dentro de la margen continental pacífica de México y se encuentra estrechamente asociada con los procesos de subducción entre la Placa Pacífica y la Placa Norteamericana.

Sin embargo la Trinchera Meso-Americana no presenta las mismas características de otras trincheras en sistemas de arcos magmáticos con historias de subducción largas, ya que corta

antiguas tendencias estructurales con ángulos altos (King, 1969; De Cserna, 1971; Kesler, 1973) y además esta situada muy cerca de la serie de batolitos Cretácicos que afloran a lo largo de la costa de México.

Varios procesos han sido propuestos para explicar la posición "anómala" de estos intrusivos: subducción de corteza continental ("erosión tectónica") (Scholl et al., 1970; Katz, 1971), o fallamiento lateral asociado con subducción oblicua de la Placa Farallón por debajo de la Placa Norteamericana (de Cserna, 1971; Malfait y Dinkelman, 1972; Karig, 1974; Karig et al., 1978; Beck y Plumley, 1979; Beck, 1986); o inclusive la presencia de un punto triple a partir del cual cambia el sentido de movimiento.

Los resultados paleomagnéticos de Honduras (Bloque Honduras-Nicaragua) indican desplazamientos laterales izquierdos, posiblemente a lo largo de la Trinchera Meso-Americana (Fig. 4), (Göse y Swartz, 1977; Carfantan, 1983; Anderson y Schmidt, 1983).

Por otra parte, Beck y Plumley (1979) y Beck (1986), proponen movimientos laterales derechos y por lo tanto desplazamiento hacia el Norte de muchos batolitos Mesozoicos (Fig. 5), localizados actualmente en la costa Oeste de los Estados Unidos.

Modelos para la subducción de la Placa Farallón por debajo de Norteamérica derivados de los movimientos relativos de placas (Jurdy, 1984) favorecen desplazamientos laterales derechos para la mayoría de los últimos 80 m.a. Sin embargo entre los 60 y los 40 m.a. podría haber ocurrido una convergencia rápida asociada con componentes laterales izquierdas a lo largo de la margen

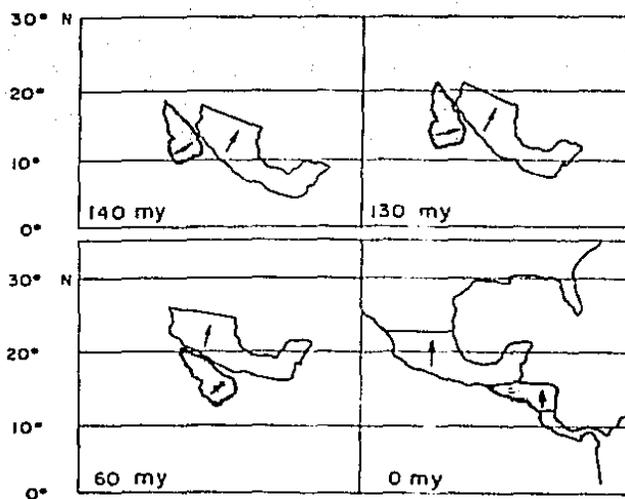


Fig. 4. Movimientos del Bloque Honduras-Nicaragua, según GÖse y Swartz, (1977) a partir de datos paleomagnéticos, los cuñles indican desplazamientos laterales izquierdos a lo largo de la Trinchera Meso-Americana.

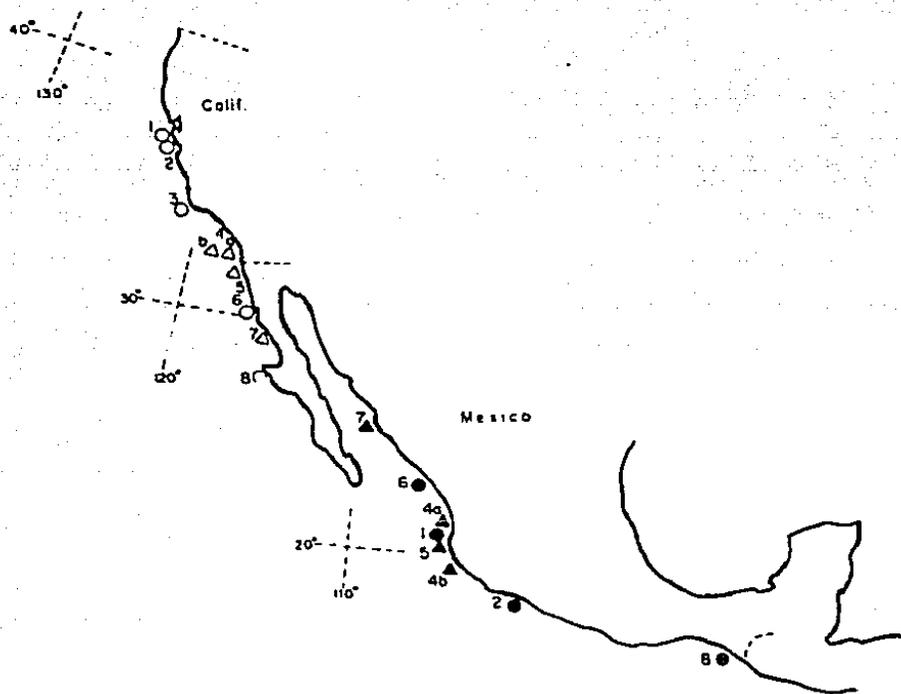


Figura 5. Localizaciones presentes (símbolos abiertos) y localizaciones originales (símbolos llenos) para rocas Cretácicas y del Terciario Inferior, de la Costa de California y Baja California, a partir de datos paleomagnéticos, tomado de Beck (1986), los cuales implican movimientos laterales derechos y desplazamiento hacia el Norte para esas rocas.

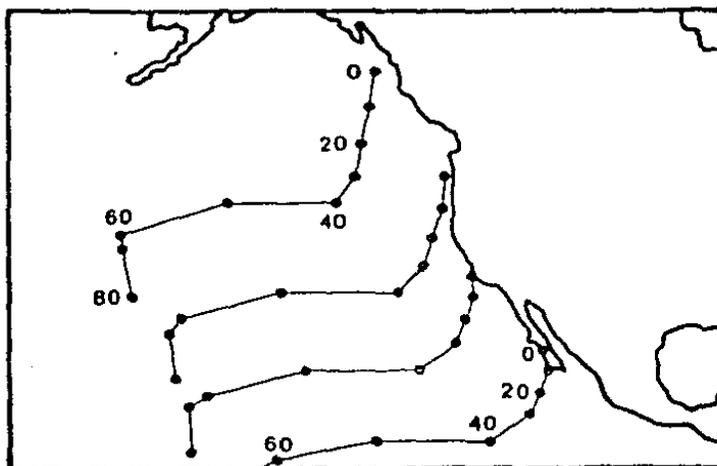


Figura 6. Trayectorias de cuatro puntos localizados sobre la Placa Farallón, de acuerdo con los datos de movimiento relativo de placas (Jurdy, 1984), con respecto a Norte América.

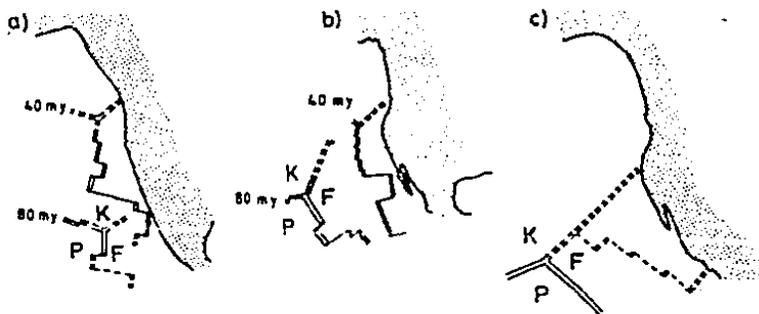


Figura 7. Configuración de Placas para el Cretácico Superior y Terciario Inferior, del Pacífico Oriental, según : a) Atwater (1970); b) Coney (1978) y c) Engebretson (1985).

continental mexicana (Fig. 6).

Esta situación se complica aún más por el hecho de que no se conoce la posición de la cresta (ahora ya subductada), que separaba a las Placas de Farallón y de Kula. También es incierto cuando, dónde y con que ángulo esta cresta colisionó con Norte América (Fig. 7). Por lo tanto es posible que a lo largo del paleomargen mexicano ocurrieran simultáneamente desplazamientos laterales derechos e izquierdos, aunque esto depende en gran parte del contorno del margen durante aquel período.

En este trabajo se pretenden obtener datos paleomagnéticos de los batolitos del terreno Guerrero con el fin de aportar información que nos permita conocer cuál ha sido el movimiento que ha tenido dicho terreno.

4. PETROGRAFIA Y MICROSCOPIA DE OXIDOS MAGNETICOS.

De cada uno de los sitios muestreados para realizar el estudio paleomagnético, se prepararon tanto láminas delgadas para estudios petrográficos, así como superficies pulidas para la identificación de los óxidos magnéticos presentes en las muestras.

Al final de este capítulo se incluye un anexo petrográfico con descripciones detalladas de todos los sitios estudiados, acompañadas por la identificación de óxidos magnéticos por medio del microscopio minerográfico utilizando objetivos de inmersión en aceite.

4.1 Petrografía.

Los resultados obtenidos sobre la identificación del tipo de roca para cada sitio, obtenidos por medio del estudio de láminas delgadas de roca en el microscopio petrográfico están resumidos en la Tabla 1.

Además se pueden hacer las siguientes observaciones generales:

a) El batolito de Punta Mita no es homogéneo litológicamente, ya que está constituido por gabros, granitos, cuarzo-monzonitas y cuarzo-dioritas. Una característica importante es que en parte las muestras presentan una textura ligeramente gneissica. Además contienen relictos de rocas metamórficas, lo cual podría indicar que se trata quizás de rocas producidas por fenómenos de anatexis.

b) El batolito de Puerto Vallarta litológicamente tampoco es homogéneo, variando en composición desde granitos, granodioritas a tonalitas.

Aparentemente existe una franja(?) de rocas (muestras 12, 13, 14, 15, 16, 17), con un metamorfismo incipiente. Donde las rocas están muy alteradas y fracturadas, presentando evidencias de una deformación fuerte (como cristales molidos, plagioclasas con maclas deformadas, etc.).

Estas observaciones petrográficas apoyan los datos isotópicos de Schaaf (comunicación personal), los cuales indican la presencia de dos eventos magmáticos dentro del batolito. Uno de estos eventos tiene una edad de 107 ± 3 m.a. y se localiza en la porción norte. El otro evento tiene una edad de 97 ± 3 m.a. localizándose principalmente en las porciones centro y Sur del batolito.

De esta forma pudo haber ocurrido un hiatus magmático entre estos dos eventos y por lo tanto originar una zona de contacto.

c) El batolito de Manzanillo es homogéneo litológicamente, presenta principalmente rocas de composición básica como monzogabros, dioritas, etc. Esto implica que el intrusivo es mucho menos diferenciado que los de Punta Mita y Puerto Vallarta respectivamente. Por otra parte las muestras presentan una gran cantidad de microxenolitos básicos (websteritas de olivino), lo cual indica que el magma tuvo un ascenso rápido, ya que no tuvieron tiempo de ser absorbidos por este.

d) Los batolitos de Arteaga y Zihuatanejo son más o menos homogéneos en cuanto a su litología (granitos, granodioritas, cuarzo-monzonitas).

4.2 Microscopía de Oxidos Magnéticos.

En estudios paleomagnéticos es importante reconocer a los minerales que son portadores de la Magnetización Remanente

Natural (MRN) de las rocas, pues esto ayuda a definir si dicha magnetización es contemporánea con la formación de las rocas (primaria) o bien si fue adquirida durante su vida geológica posterior (magnetización secundaria). Por lo tanto para poder interpretar datos paleomagnéticos dentro de un contexto geológico es necesario reconocer que tipo de minerales magnéticos contienen las muestras estudiadas, así como identificar los procesos de alteración y/o oxidación que pudieron haber sufrido para de esta forma poder inferir si ha habido cambios o no dentro de la información magnética.

Por esta razón se procedió a identificar este tipo de minerales por medio de técnicas de microscopía minerográfica (con luz reflejada en superficies pulidas) y a observar que correlaciones existen con los resultados paleomagnéticos obtenidos.

Para la descripción e identificación de este tipo de minerales se utilizó la clasificación de Haggerty (1981), así como las notas del curso sobre "Identificación de Minerales Opacos", impartido en la Fac. de Ingeniería de la UNAM, en Febrero de 1988 por el Dr. Jörg Negendank.

En general las rocas intrusivas estudiadas contienen como mineral magnético principal a la titanomagnetita, en forma de granos mas o menos euhedrales, muy frescos y con estados de oxidación muy bajos (C_1-C_3). Esto implica que no han sufrido procesos importantes de alteración y/o oxidación, por lo que la magnetización remanente medida seguramente es primaria (producida durante el enfriamiento de los intrusivos).

Por otra parte estos resultados concuerdan con la idea de que la serie de intrusivos que afloran a lo largo de la costa del Pacífico, dentro del terreno Guerrero pertenecen a la serie de granitos Tipo I de Chappel y White (1974) y a las series de magnetita de Ishihara (1977) y Takahashi et al. (1984), asociados con una zona de subducción.

Obviamente existen fuertes correlaciones entre la litología de las muestras y el contenido de minerales magnéticos. Mientras mas básica sea una roca, presentará valores mas altos de intensidad de la magnetización.

Por otra parte en rocas con metamorfismo incipiente, o muy fracturadas (como en los sitios 3, 16, 17, 20), casi no se observaron minerales magnéticos, teniéndose además intensidades de la magnetización tan bajas que no fue posible desmagnetizar dichas muestras y por lo tanto no se pudieron obtener datos paleomagnéticos.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 1 -C

Localidad: A 1/2 KM. DE LA DESVIACION QUE VA A PUNTA SAYULITA, NAYARIT.

Edad o Formación: BATOLITODE PUNTA MITA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERITICA, CON UNA FUERTE OXIDACION DE HEMATITA.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

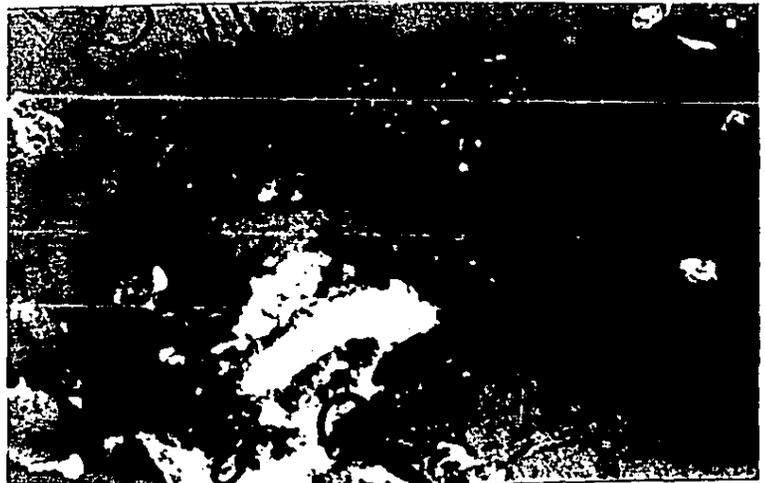
Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con líneas interpretativas y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
o/o -CUARZO -PLAG. (ANDESINA). -FELD. K. -BIOTITA, HORNBLENDA -MIRMEKITA -PERTITA.			Q= 30% P= 55% A= 10% M= 5%
(Y) MINERALES ACCESORIOS OPACOS: HEMATITA Y LIMONITA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: LA MUESTRA ESTA MUY FRACTURADA Y HEMATIZADA.

Objetivo 4x (48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: GRANITO DE BIOTITA/HORNBLENDA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

30

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 1-C

B) LOCALIDAD: A 1/2 KM. DE LA DES-
VIACION QUE VA A PUNTA SAYULIT
NAYARIT.

C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUNTA MITA.

2. TIPO DE ROCA:

GRANITO DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

INTERCRECIMIENTO DE TITANOMAGNETITA + HEMATITA, PRESENTANDO UNA
TEXTURA TIPO TRELIS. CON UN ESTADO DE OXIDACION DE C_3-C_4 PARA TO-
DA LA MUESTRA.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x32, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 2-Db Localidad: CARRETERA PUNTA MITA-SAN BLAS
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUNTA MITA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA, FANERITICA, DE GRANO GRUESO

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRIHALINA, HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con líneas interpretativas y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados
o/o -CUARZO. -PLAG. (ANDESINA). -FELDESPATO K. -BIOTITA. -HORNBLENDA.	o/o SERICITA.	o/o	Q= 12% P= 55% A= 25% M= 8%
(Y) MINERALES ACCESORIOS OPACOS.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA UN CONTENIDO REGULAR DE MINERALES OPACOS.

Objetivo 4x (48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: CUARZO MON-
 ZONITA DE
 BIOTITA/HORN-
 BLENDA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

32

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 2-Db

B) LOCALIDAD: CARRETERA AL NORTE
DE PUNTA MITA.

C) EDAD O FORMACION:

BATOLITO DE PUNTA MITA.

2. TIPO DE ROCA:

CUARZO MONZONITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

INTERCRECIMIENTOS DE TITANOMAGNETITA + HEMATITA, PRESENTANDO UNA TEXTURA TIPO TRELIS, CON UN ESTADO DE OXIDACION DE C_3-C_4 PARA TODA LA MUESTRA.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x32, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 3-P.V. Localidad: CANTERA AL NORTE DE
 Punta Mita.
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUNTA MITA.

II. DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERÍTICA, DE GRANO GRUESO

III. ESTUDIO MICROSCÓPICO PARA CLASIFICACIÓN

Textura: HOLOCRI TALINA GRANULAR.

Estructura Original:

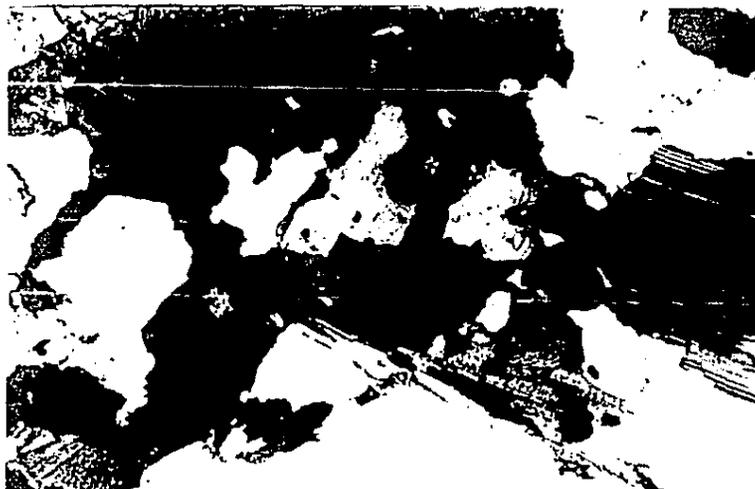
Estructura Secundaria:

MINERALOGÍA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (x) Minerales Esenciales o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración o/o	(M) METAMÓRFICO Minerales de Recristalización o/o	Porcentajes Recalculados
-CUARZO. -PLAG.(ANDESINA CA) -BIOTITA. -HORNBLENDA. -AUGITA. -Opx.			Q= 30% P= 60% A= 0% M= 10%
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACIÓN	

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA UN REOCIMIENTO GENERAL. LOS MAFICOS FORMAN LA MATRIZ, RODEANDO A LAS PLAGIOCLASAS Y EL CUARZO. SE TRATA DE UNA ROCA ANATEXITICA, CON RELICTOS DE ROCAS METAMORF

Objetivo 4x(48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: CUARZO-
 DIORITA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

34

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 3-P.V.

B) LOCALIDAD: CANTERA AL NORTE
DE PUNTA MITA, NAY.

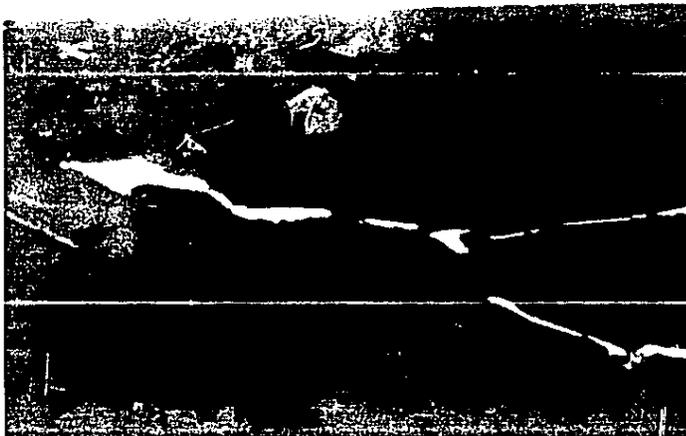
C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUNTA MITA.

2. TIPO DE ROCA:

CUARZO DIORITA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

EN GENERAL LA ROCA PRESENTA MUY POCOS MINERALES MAGNETICOS VISIBLES CON EL MICROSCOPIO. PRESENTA EN SU MAYORIA TEXTURAS DE REEMPLAZAMIENTO. LA MUESTRA FUE TOMADA EN EL LIMITE NORTE DEL BATOLITO DE PUNTA MITA, EN DONDE SE TIENE EL CONTACTO CON ESQUISTOS Y ROCAS VULCANOSE-DIMENTARIAS, LAS CUALES PRESENTAN METAMORFISMO DE CONTACTO, LO CUAL EXPLICA LAS TEXTURAS DE REEMPLAZAMIENTO.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x20, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 4-Ac Localidad: PUNTA MITA, NAYARIT.
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUNTA MITA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERITICA, DE GRANO MEDIO.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRISTALINA, GRANULAR, ALOTRIOMORFICA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (x) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados
o/o -CUARZO -PLAG. (OLIGOCLASA-ANDESINA). -BIOTITA. -HORNBLENDA. -MIRMEKITA. -MICROCLINA.			Q= 25% P= 70% A= 2% M= 3%
(y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS. -ZIRCONES. -ESFENA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA MUY POCOS MINERALES OPACOS.

Objetivo 4x(48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: CUARZO-DIORITA.

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 4-Ac

B) LOCALIDAD: PUNTA MITA, NAYARIT.

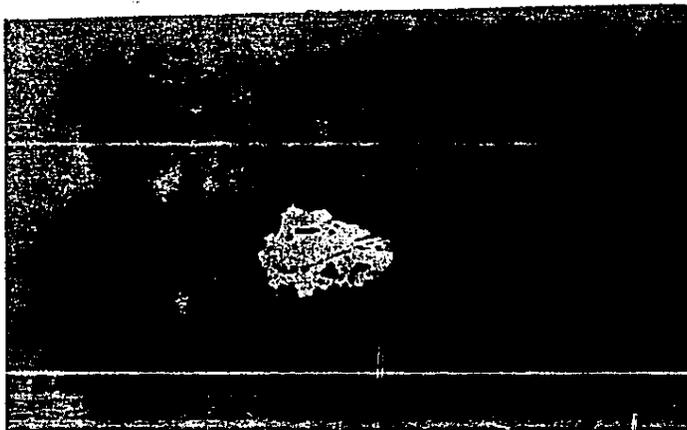
C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUNTA MITA.

2. TIPO DE ROCA:

CUARZO DIORITA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA UNA CANTIDAD REGULAR DE OXIDOS MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS EN FORMA MAS O MENOS REGULAR. DOMINAN LAS FASES DE TITANOMAGNETITA CON TEXTURAS TIPO TRELIS, CON ESTADOS DE OXIDACION INCIPIENTES O NULOS C_1-C_2 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x32, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

37

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 9-Bb Localidad: AL SUR DE PUERTO VALLARTA.
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA, FANERITICA, ACIDA, DE GRANO GRUESO, CON CUARZO, ORTOCLASA, MAFICOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA GRANULAR

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados.
-CUARZO -PLAGIOCLASAS (OLI- GOCLASA-ANDESINA) -FELD. K. -BIOTITA -HORNBLENDA -ANTIPERTITA						
(Y) MINERALES ACCESORIOS OPACOS (MAGNETITA)		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA ANTIPERTITAS (INTERCRECIMIENTOS DE CUARZO Y PLAG.)

Objetivo 4x (48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: GRANODIORITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

38

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 9-Bb

B) LOCALIDAD: AL SUR DE PUERTO
VALLARTA, JAL.

C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

GRANODIORITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA UNA CANTIDAD REGULAR DE OXIDOS MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS EN FORMA MAS O MENOS REGULAR, CON TEXTURAS TIPO TRELLIS IN CIPIENTES, CON ESTADOS DE OXIDACION QUE VARIAN DE C_1 - C_2 .

4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x32, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 11-Ba Localidad: AL SUR DEL PUENTE LAS JUNTAS, JALISCO.
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA, FANERITICA, DE COMPOSICION INTERMEDIA, SE
 OBSERVA: CUARZO, BIOTITA, PLAGIOCLASAS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados.
-CUARZO. -PLAG. (OLIGOCLASA- ANDESINA). -PERTITA. -MIRMEKITA. -BIOTITA, HORNBLENDA		CLORITA.(?)				
(V) MINERALES ACCESORIOS OPACOS (MAGNETITA)		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: LA CLORITIZACION AFECTA PRINCIPALMENTE A LOS FELDESPATOS.

CLASIFICACION: GRANODIORITA
 DE BIOTITA/
 HORNBLENDA.

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 11-Ba

B) LOCALIDAD: AL SUR DEL PUENTE
"LAS JUNTAS", JALISCO.

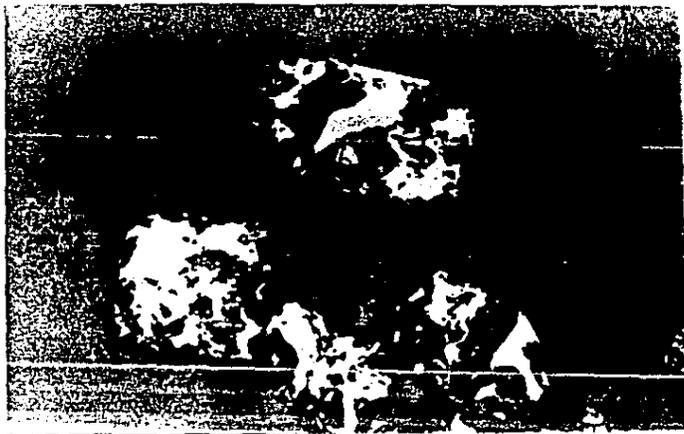
C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

GRANODIORITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA UNA CANTIDAD REGULAR DE OXIDOS MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE FORMA IRREGULAR. PREDOMINAN LOS CRISTALES MAS O MENOS EUEDRALES DE TITANOMAGNETITA, CON ESTADOS DE OXIDACION MUY BAJOS C_1 - C_2 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION, OBJETIVO x20, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

41

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 12-Bb. Localidad: ARROYO BAMA, OESTE DE "EL TUITO", JAL.
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERITICA, CON MINERALES ORIENTADOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRI TALINA, ALOTRIOMORFICA.

Estructura Original:

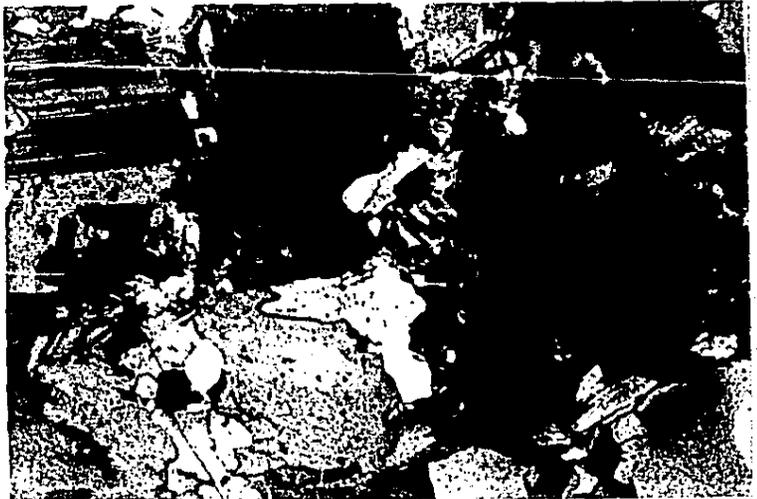
Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
-CUARZO ONDULANTE -PLAG: ANDESINA, -MICROCLINA, ORTOCLASA. -MIRMEKITA. -BIOTITA. -HORNBLENDA.			Q= 20% P= 45% A= 32% M= 3%
(Y) MINERALES ACCESORIOS	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	
-OPACOS :MAGNETITA -CLORITA-ALBITA.METAMORFICAS.			

CARACTERES ESPECIALES: PRESENCIA DE CLORITA METAMORFICA, SEGREGACIONES DE CUARZO, ORIENTACION DE CRISTALES, NO SE OBSERVAN ANFIBOLES.

Objetivo 4x (48 Aumentos).
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION:

GRANITO DE BIOTITA CON METAMORFISMO INCIPIENTE.

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 12-Bb

B) LOCALIDAD: ARROYO "BAMA", AL
OESTE DE EL TUITO, JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:

BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

GRANITO DE BIOTITA CON METAMORFISMO INCIPIENTE.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA CASI NO PRESENTA OXIDOS MAGNETICOS, LOS POCOS QUE SE ENCUENTRAN SE DISTRIBUYEN DE UNA FORMA MUY IRREGULAR, CON TEXTURAS TIPO TRELIS, PRESENTANDO ADEMAS ESTADOS DE OXIDACION ALTOS C_2-C_3 . LAS FASES MINERALES PRESENTES CONSISTEN DE TITANOMAGNETITA+ILMENITA+RUTILO+PSEUDO-BROOKITA.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVOx32, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

43

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 13-Fb

Localidad: ARROYO JAGUAR, AL OESTE DE "EL TUITO" JALISCO.

Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA MAFICA, FANERITICA, DE GRANO FINO, CON UNA GRAN CANTIDAD DE FERROMAGNESIANOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRISTALINA, HIPIDIOMORFICA.

Estructura Original:

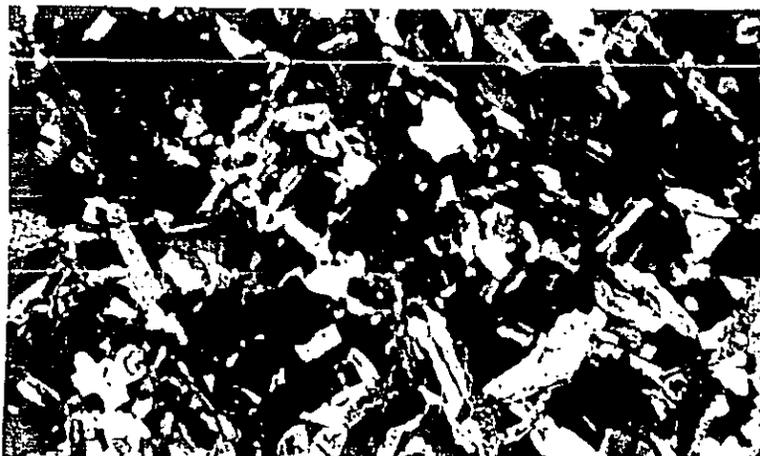
Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
o/o -CUARZO -PLAGIOCLASAS: ANDESINA. -BIOTITA. -Opx	o/o -CLORITA.	o/o	Q= 36% P= 56% A= 0% M= 8%
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS: TITANOMAGNETITA. -PIRITA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: MUCHO MAS MAFICA QUE LA MUESTRA 13-Lb (TOMADA EN EL MISMO SITIO). LOS MINERALES OPACOS SE ENCUENTRAN ASOCIADOS CON LAS HORNBLENDAS.

Objetivo 4x(48 Aumentos)
Con Nícoles Cruzados.
Filtro Verde.



CLASIFICACION: TONALITA
APLITICA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

44

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 13-Fb

B) LOCALIDAD: ARROYO JAGUAR, AL
OESTE DE "EL TUITO", JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

TONALITA APLITICA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UN CONTENIDO REGULAR DE MINERALES MAGNETICOS, DISTRI-
BUIDOS DE MANERA IRREGULAR, LAS FASES MINERALES ESTAN CONSTITUIDAS POR
TITANOMAGNETITA+HEMATITA+MAGHEMITA. CON ESTADOS DE OXIDACION BAJOS,
LOS CUALES VARIAN ENTRE C_1 - C_2 . LA MUESTRA ADEMAS PRESENTA PIRITA.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x32, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 13-Lb

Localidad: ARROYO JAGUAR, OESTE DE "EL TUITO", JALISCO

Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA, PANERITICA, DE GRANO MEDIO, SE OBSERVA FRACTURADA.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados
-CUARZO -PLAGIOCLASAS: ANDESINA. -BIOTITA -HORNBLENDA -FELD. K: ORTOCLASA.	-CLORITA.		Q= 10% P= 50% A= 30% M= 10%
(V) MINERALES ACCESORIOS -APATITO (EN LAS PLAG.) -ESFENA -OPACOS: MAGNETITA, HEMATITA, MAGHEMITA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: ROCA MUY ALTERADA (CLORITIZADA) y FRACTURADA.

Objetivo 4x (48Aumentos).

Con Nícoles Cruzados.

Filtro Verde.



CUARZO MONZONITA DE BIOTITA/
HORNBLENDA.

CLASIFICACION:

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 13-Lb.

B) LOCALIDAD: ARROYO JAGUAR, AL
OESTE DE "EL TUITO", JALISCO.

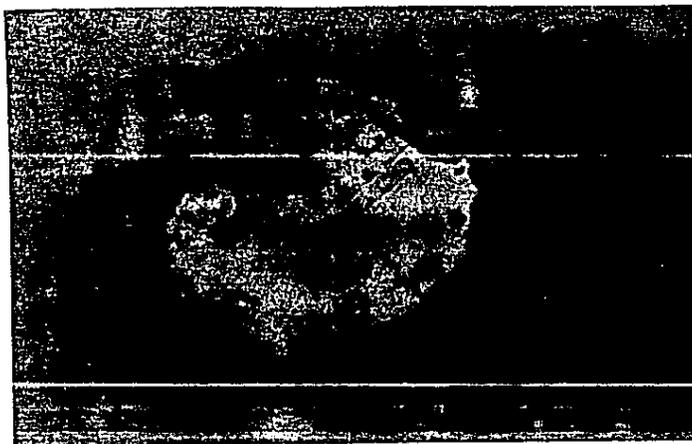
C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

CUARZO MONZONITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE MUY POCOS MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE UNA FORMA MUY IRREGULAR. LAS FASES MINERALES ESTAN CONSTITUIDAS PRINCIPALMENTE POR TITANOMAGNETITA+HEMATITA+MAGHEMITA (ESTA ULTIMA EN FORMA DE "NUBES"). LOS ESTADOS DE OXIDACION SON BAJOS VARIANDO ENTRE C_1-C_2 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

47

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 14-Aa

Localidad: LAS GUASIMAS, OESTE DE EL TUITO, JAL.

Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA PORFIDICA DE GRANO FINO, MUY FRACTURADA.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRIHALINA, EQUIGRANULAR, ANEDRAL, ALOTRIOMORFICA.

Estructura Original:

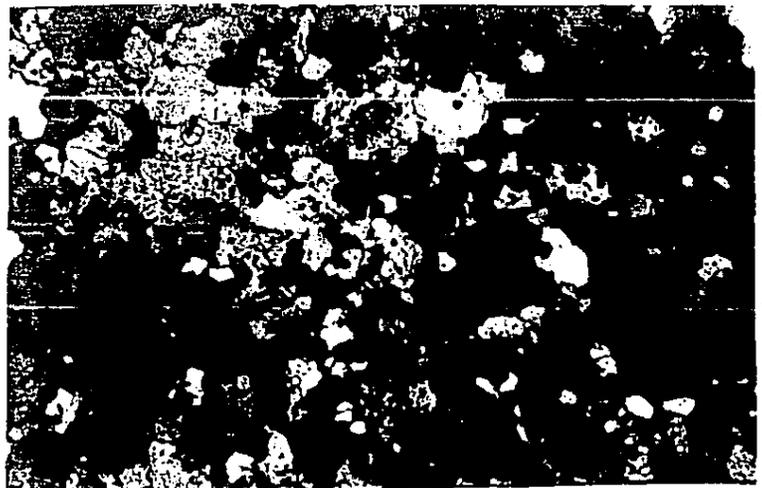
Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (v) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
o/o -CUARZO -PLAGIOCLASAS: ANDESINA. -BIOTITA -FELD. K. -MIRMEKITA.	o/o -CLORITA		Q= 12% P= 55% A= 25% M= 8%
(v) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS: MAGNETITA, -ZIRCONES.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: LA MUESTRA PRESENTA GRAN CANTIDAD DE MINERALES OPACOS.

Objetivo 4x(48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: CUARZO MON-ZONITA DE GRANO FINO.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

4B

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 14-Aa

B) LOCALIDAD: LAS GUASIMAS, AL
OESTE DE "EL TUITO", JALISCO.

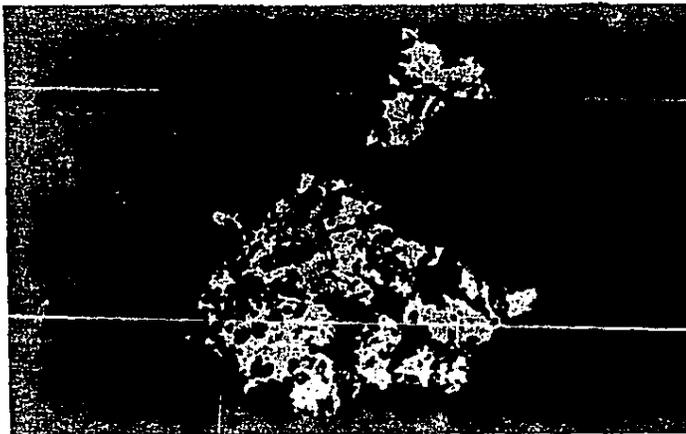
C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

CUARZO MONZONITA DE GRANO FINO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA UNA GRAN CANTIDAD DE MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE UNA FORMA MAS O MENOS REGULAR. LAS FASES MINERALES ESTAN CONSTITUIDAS CASI EXCLUSIVAMENTE POR TITANOMAGNETITA CON ESTADOS DE OXIDACION MUY BAJOS DEL TIPO DE C_1 - C_2 . PRESENTADO EN ALGUNAS OCA-
SIONES HEMATITA.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

49

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 16-Ea

Localidad: CAMINO DE LA UNIDAD MINERA CUALE,
JALISCO.

Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERITICA ACIDA, DE GRANO GRUESO,
MUY FRACTURADA Y OXIDADA.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRIITALINA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (X) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
-CUARZO -PLAGIOCLASAS: ANDESINA. -PERTITAS. -FELD. K	-CLORITA.		Q= 30% P= 55% A= 10% M= 5%
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS: MAGNETITA. HEMATITA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: CASI NO PRESENTA MINERALES OPACOS VISIBLES, AUNQUE EN LAS FRACTURAS SE TIENE HEMATITA EN FORMA DE PIGMENTO. ES UNA ROCA MUY FRACTURADA, DONDE LAS FRACTURAS ESTAN R LLENAS DE CUARZO. LAS PLAGIOCLASAS ESTAN DEFORMADAS, HAY VESTIGIOS DE DEFORMACION INTENSA (CRISTALES MOLIDOS).

Objetivo 4x(48 Aumentos)
Con Nícoles Cruzados.
Filtro Verde.



CLASIFICACION: GRANITO.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

50

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 16-Ea

B) LOCALIDAD: CAMINO A LA UNIDAD
MINERA "CUALE", JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:
GRANITO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA CASI NO PRESENTA MINERALES MAGNETICOS (O POR LO MENOS QUE SEAN OBSERVABLES CON EL MICROSCOPIO MINERAGRAFICO, AUNQUE ALGUNOS POCOS Y DISPERSOS PUNTOS BRILLANTES PODRIAN SER TITANOMAGNETITAS?). EN LAS FRACTURAS SE OBSERVA HEMATITA DE ORIGEN SECUNDARIO EN FORMA DE PIGMENTO ROJO.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 17-Ca Localidad: CAMINO A LA UNIDAD MINERA CUALE.
 Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

ROCA INTRUSIVA FANERITICA DE GRANO GRUESO, CON CUARZO,
 Aspecto General: PLAGIOCLASAS, BIOTITA Y HORNBLENDA VISIBLES A SIMPLE VISTA.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA, HOLOCRISTALINA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (X) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados.
CUARZO PLAGIOCLASAS (ANDESINA). BIOTITA HORNBLENDA PERTITA		-SERICITA.				
(Y) MINERALES ACCESORIOS		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		
OPACOS (TITANOMAGNETITA).						

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA UNA FUERTE ALTERACION DE SERICITA, LA CUAL ALTERA PRINCIPALMENTE A LOS FELDESPATOS. POSEE MUY POCOS MINERALES OPACOS.

Objetivo 4x (48 Aumentos)

Con Nícoles Cruzados.

Filtro Verde.

CLASIFICACION: GRANODIORITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.



IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

52

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 17-Ca

CB) LOCALIDAD: CAMINO DE LA UNIDAD
MINERA "CUALE", JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:

BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

GRANODIORITA DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA MUY POCOS MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE FORMA IRREGULAR. LA FASE MINERAL DOMINANTE ES LA TITANOMAGNETITA, SEGUIDA POR ILMENITA+HEMATITA. LA TITANOMAGNETITA+HEMATITA TIENEN UNA TEXTURA TIPO TRELIS INCIPIENTE, MIENTRAS QUE LA ILMENITA SE PRESENTA CON UNA TEXTURA TIPO SANDWICH. LOS ESTADOS DE OXIDACION DE LA MUESTRA SON BAJOS, EN TRE C₁-C₂.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

53

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 20-Db

Localidad: AL SUR DE "EL TUITO", JAL.

Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA ACIDA, FANERITICA, DE GRANO GRUESO.
SE OBSERVA: CUARZO, FELDESPATOS, MAFICOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados
-CUARZO -FELD. K: ORTOCLASA, MICROCLINA. -PLAG.: ANDESINA. -BIOTITA -MICROPERTITA -MIRAFECTITA.		-SERICITA EN LAS PLAGIOCLASAS.				Q= 18% P= 45% A= 32% M= 5%
(*) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS: TITANOMAGNETITAS.		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: ROCA BASTANTE SERICITIZADA POR ALTERACION HIDROTHERMAL, NO HAY PRESENCIA DE ANFIBOLES. TIENE PEQUEÑAS FRACTURAS RELLENAS DE SILICE. SE OBSERVAN MATERIALES RELICTOS MAS ALTERADOS DE OTRAS FASES DE CRISTALIZACION.

Objetivo 10x (125 Aumentos)
Con Nícoles Cruzados.
Filtro Verde.



GRANITO DE
CLASIFICACION: BIOTITA, RECOCIDO.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

54

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 20-Db

B) LOCALIDAD: AL SUR DE "EL TUITO",
JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:

BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UNA CANTIDAD REGULAR DE MINERALES MAGNETICOS, CONCENTRADOS PRINCIPALMENTE DENTRO DE LAS BIOTITAS. LA FASE MINERAL PRINCIPAL ESTA CONSTITUIDA POR GRANOS EUHEDRALES Y SUBHEDRALES DE TITANO MAGNETITA CON ESTADOS DE OXIDACION BAJOS, ENTRE C_1-C_2 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

55

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 22-Cb Localidad: AL SUR DE "EL TUITO, JAL.
Edad o Formación: BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA ACIDA, FANERITICA, DE GRANO GRUESO, SE OBSERVAN: CUARZO, FELDSPATOS, BIOTITA, PIROXENOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRISTALINA. GRANULAR, HIPIDIOMORFICA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados
-CUARZO -PLAGIOCLASAS: OLIGOCLASA. -BIOTITA -FELD. K -MICROPERTITAS: ALBITA EN MICROCLINA						
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS: MAGNETITA -APATITO -TRAZAS DE MUSCOVITA. -ESFENA.	10%	(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: MUSCOVITA? LIGADA ESTRECHAMENTE CON LA BIOTITA (EN PEQUEÑAS CANTIDADES). GRANITO DE DOS MICAS.

Objetivo 4x (48 Aumentos).
Con Nícoles Cruzados.
Filtro Verde.



CLASIFICACION: GRANITO DE BIOTITA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

56

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 22-Cb

B) LOCALIDAD: AL SUR DE "EL TUITO",
JALISCO.

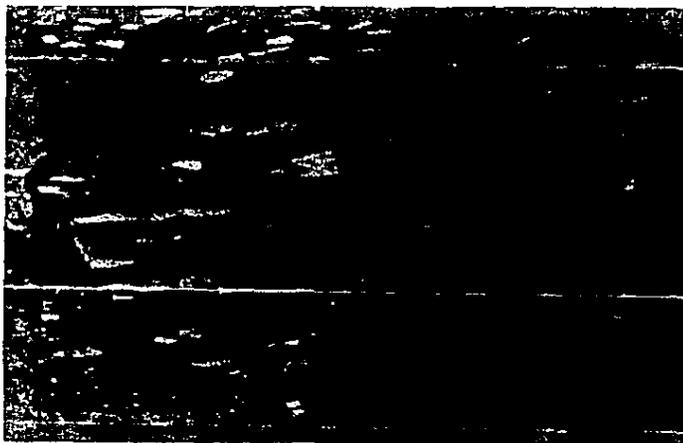
C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE PUERTO VALLARTA.

2. TIPO DE ROCA:

GRANITO DE BIOTITA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UN CONTENIDO REGULAR DE OXIDOS MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE FORMA IRREGULAR. LAS FASES MINERALES PRESENTES SON: ILMENITA+HEMATITA+TITANOMAGNETITA+RUTILO. CONTEXTURAS TIPO TRELIS . LOS ESTADOS DE OXIDACION VARIAN ENTRE C_4 - C_5 . LA HEMATITA SE PRESENTA EN FORMA DE "LENTEJAS" ALARGADAS, DENTRO DE LAS CUALES SE OBSERVAN PUAS FINAS DE ESPINEL?



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 125 x, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 23-Fb Localidad: LA HUERTA, JALISCO.
 Edad o Formación: BATOLITO DE MANZANILLO.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERITICA, BASICA, DE GRANO FINO, CON FUERTE FRACTURAMIENTO.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA

Estructura Original:

Estructura Secundarias:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO o/o	(Z) SECUNDARIO o/o	(M) METAMORFICO o/o	Porcentajes Recalculados.
(X) Minerales Esenciales -PLAGIOCLASAS (BITO- NITA). -Opx y Cpx (AUGITA E HIPERSTENA). -BIOTITA. -MICROXENOLITOS -MIRMEQUITAS.	Productos de Alteración -SERICITA.	Minerales de Recristalización	Q= 0% P= 70% A= 0% M= 15% 15% de XENOLITOS.
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS (MAGNETITA ILMENITA). -PIRITA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES:

PRESENTA MICROXENOLITOS (Opx=60%, OLIVINO=25%, PLAG. ANDESINA=10%) DEL TIPO DE LAS WEBSTERITAS DE OLIVINO. POR LO QUE ESTA ROCA TIENE RELACION CON MAGMAS PROFUNDOS. IMPLICA UN ASCENSO RAPIDO, EL CUAL NO LE DA TIEMPO DE DIFERENCIARSE.

Objetivo 4x (46 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: MONZOGABRO.

1. NOTAS DE CAMPO:

A) SITIO: 23-Fb

B) LOCALIDAD: LA HUERTA, JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:

BATOLITO DE MANZANILLO.

2. TIPO DE ROCA:

MONZOGABRO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UNA GRAN CANTIDAD DE MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE FORMA REGULAR. LAS FASES MINERALES PRESENTES CONSISTEN PRINCIPALMENTE DE TITANOMAGNETITA+ILMENITA+HEMATITA. EL INTERCRECIMIENTO DE TITANOMAGNETITA+HEMATITA PRESENTA UNA TEXTURA TIPO TRELIS. LA ILMENITA SE PRESENTA CON UNA TEXTURA TIPO SANDWICH. LOS ESTADOS DE OXIDACION VARIAN DE C_2 - C_3 . LA MUESTRA CONTIENE PIRITA.

4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION, OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

59

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 24-Cb

Localidad: AL SUR DE LA HUERTA, JALISCO.

Edad o Formación: BATOLITO DE MANZANILLO.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA FANERITICA, BASICA, CON TEXTURA OFITICA.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: OFITICA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados.
-PLAGIOCLASAS (ANDESINA Ca con SERICITA, LABRADORITA).. -BIOTITA -HORNBLENDA -Opx cloritizado y presenta un residuo de óxidos		-CLORITA.				Q= 0% P= 90% A= 0% M= 10%
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS (TITANOMAGNETITA, HEMATITA).		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: LOS MINERALES OPACOS ESTAN ASOCIADOS CON LA CLORITIZACION (SE FORMARON EN LAS ULTIMAS ETAPAS).

Objetivo 4x (48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: GABRO.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS.
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO).

60

1. NOTAS DE CAMPO:

A) SITIO: 24-Cb

B) LOCALIDAD: AL SUR DE "LA HUERTA",
JALISCO.

C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE MANZANILLO.

2. TIPO DE ROCA:

GABRO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE GRAN CANTIDAD DE MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS MAS O MENOS REGULARMENTE. LAS FASES MINERALES PRESENTES SON LA TITANOMAGNETITA+ILMENITA+HEMATITA+RUTILO+ESPINEL. CON ESTADOS DE OXIDACION MEDIOS LOS CUALES VAN DE C_3 HASTA C_5 .

4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA.

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION.
OBJETIVO 32x, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 25-D

Localidad: CANTERA AL ESTE DE CIHUATLAN.

Edad o Formación: BATOLITO DE MANZANILLO.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: XENOLITO EMBEBIDO DENTRO DE UN GRANITO CON ORTOCLASAS DE GRAN TAMAÑO. EL XENOLITO ES MAFICO.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (x) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados
-PLAGIOCLASAS (OLI- GOCLASA) -CUARZO -OPACOS -BIOTITA -HORNBLENDA -Cpx (AUGITA)		-CLORITA.				
(Y) MINERALES ACCESORIOS		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: EL XENOLITO SE OBSERVA RECOCIDO.

Objetivo 10x (125 Aumentos

Con Nícoles Cruzados.

Filtro Verde.

CLASIFICACION: XENOLITO CUARZO MONZO-DIORTICO.



IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS.
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

62

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 25-D

B) LOCALIDAD: CANTERA AL ESTE DE
CIHUATLAN.

C) BATOLITO DE MANZANILLO.

2. TIPO DE ROCA:

XENOLITO CUARZO MONZO-DIORITICO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UNA GRAN CANTIDAD DE MINERALES MAGNETICOS, DE MANE-
RA MAS O MENOS REGULAR. LAS FASES MINERALES CONSISTEN DE TITANOMAGNE-
TITA+ILMENITA+HEMATITA. CON ESTADOS DE OXIDACION MEDIOS, DE C_3-C_4 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 32x, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 26-GB

Localidad: BAHIA DE SANTIAGO, MANZANILLO.

Edad o Formación: BATOLITO DE MANZANILLO.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA, FANERITICA, BASICA, HOLOCRIHALINA
CON GRAN CANTIDAD DE MINERALES MAFICOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados
-PLAGIOCLASAS (OLI- GOCLASA-ANDESINA) -HORNBLENDA -BIOTITA		-SERICITA.				
(Y) MINERALES ACCESORIOS -OPACOS (TITANOMAC NETITAS, HEMATITA).		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCI- DAS O MINERALIZACION		

CARACTERES ESPECIALES: LA MUESTRA PRESENTA GRAN CANTIDAD DE MINERALES OPACOS.

CLASIFICACION: DIORITA.

DESCRIPCION PETROGRAFICA

65

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 27-A Localidad: BAHIA DE SANTIAGO, MANZAILLO.
 Edad o Formación: BATOLITO DE MANZANILLO.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA MAFICA, DE GRANO FINO.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRIHALINA.
 Estructura Original:
 Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con líneas interpretativas y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (%) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
o/o -PLAG. (OLIGOCLASA- ANDESINA). -HORNBLENDA. -BIOTITA.	o/o SERICITA.	o/o	Q= 0% P= 85% A= 0% M= 10%
(Y) MINERALES ACCESORIOS OPACOS: MAGNETITA, HEMATITA.	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	

CARACTERES ESPECIALES: TIENE UN ALTO CONTENIDO DE MINERALES OPACOS.

CLASIFICACION: MICRO-DIORITA

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS.
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

64

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 26-Gb

B) LOCALIDAD: BAHIA DE SANTIAGO,
MANZANILLO/COLIMA.

C) EDAD O FORMACION:
BATOLITO DE MANZANILLO.

2. TIPO DE ROCA:

DIORITA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA UN CONTENIDO REGULAR DE OXIDOS MAGNETICOS, DISTRI-
BUIDOS IRREGULARMENTE DENTRO DE ELLA. LAS FASES MINERALES SON EN PRIMER
LUGAR LA TITANOMAGNETITA+HEMATITA+ILMENITA. CON ESTADOS DE OXIDACION BA-
JOS ENTRE C_2 - C_3 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

66

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 27-A

B) LOCALIDAD: BAHIA DE SANTIAGO,
MANZANILLO, COLIMA.

C) EDAD O FORMACION:

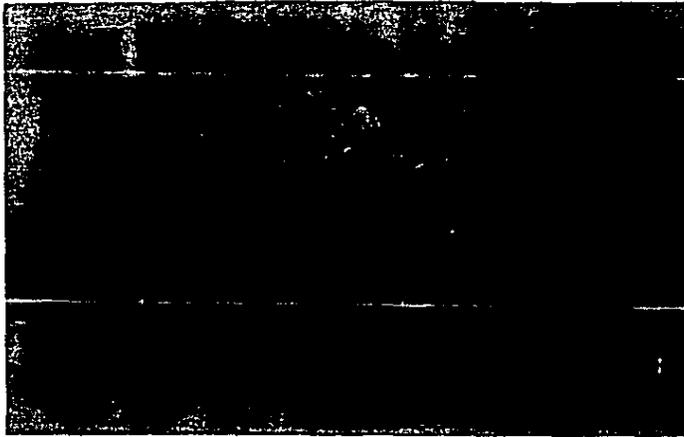
BATOLITO DE MANZANILLO.

2. TIPO DE ROCA:

MICRO-DIORITA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA CONTIENE UNA CANTIDAD REGULAR DE OXIDOS MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE FORMA REGULAR DENTRO DE ELLA. LAS FASES MINERALES CONSISTEN EN TITANOMAGNETITA+ILMENITA+HEMATITA. LOS ESTADOS DE OXIDACION VARIAN DE C_1 HASTA C_3 . LA ILMENITA SE PRESENTA GENERALMENTE CON TEXTURAS TIPO SANDWICH. MIENTRAS QUE LA TITANOMAGNETITA+HEMATITA SE PRESENTAN EN FORMA DE INTERCRECIMIENTOS CON TEXTURAS TIPO TRELIS.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION,
OBJETIVO x32, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 28-Ac Localidad: TERRACERIA TEPATITLAN-JILOTLAN DE LOS
 Remedios, a 24.7 km. de Tepatitlan.
 Edad o Formación: BATOLITO DE JILOTLAN.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA MAFICA, DE GRANO MEDIO.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HOLOCRIHALINA, HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	Porcentajes Recalculados.
-PLAGIOCLASAS (ANDESINA-LABRADORITA). ORTO Y CLINOPIROXENO (HIPERSTENA). TREMOLITA.	-SERPENTINA.		Q= 0% P= 75% A= 0% M= 25%
(Y) MINERALES ACCESORIOS	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	
OPACOS.			

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA UNA GRAN CANTIDAD DE MINERALES OPACOS. LAS PLAGIOCLASAS PRESENTAN UNA IMPORTANTE ALTERACION DE SERICITA.

Objetivo 4x (48 Aumentos)
 Con Nícoles Cruzados.
 Filtro Verde.



CLASIFICACION: MONZOGABRO.

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 28-Ac

B) LOCALIDAD: TERRACERIA TECALITLAN/JILOTLAN, A 24.7 Km. DE TECALITLAN.

C) EDAD O FORMACION:

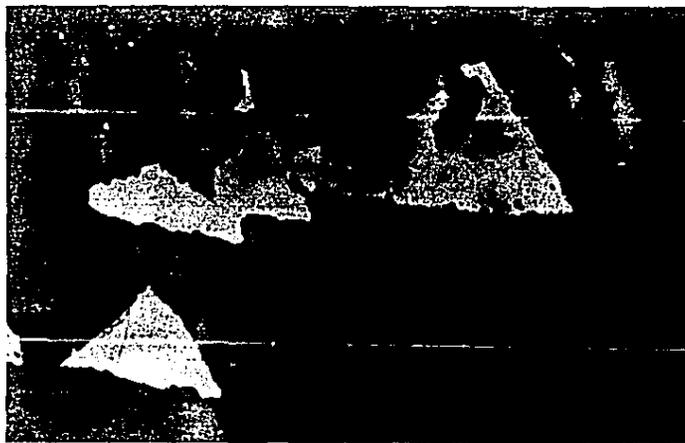
BATOLITO DE JILOTLAN.

2. TIPO DE ROCA:

MONZOGABRO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UNA GRAN CANTIDAD DE MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE MANERA MAS O MENOS REGULAR. LAS FASES MINERALES PRESENTES SON: TITANOMAGNETITA+ILMENITA+HEMATITA. EL ESTADO DE OXIDACION ES MUY BAJO ENTRE C_1 - C_2 . LAS TITANOMAGNETITAS SE PRESENTAN EN FORMA DE GRANOS FRESCOS EUHEDRALES Y SUBHEDRALES.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION, OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 36-C

Localidad: 25 Km AL SUR DE ARTEAGA, MI CH.

Edad o Formación: BATOLITO DE ARTEAGA.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: PORFIDO INTRUSIVO HIPOABISAL, MUY FRACTURADO.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDOMORFICA.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con lines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales	o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración	o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización	o/o	Porcentajes Recalculados
-PLAGIOCLASAS (ANDESINA). -CUARZO -AUGITA -HIPERSTENA		SERPENTINIZACION DE LOS PIROXENOS.				
(Y) MINERALES ACCESORIOS		(C) MATRIZ O CEMENTANTE		(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION		
OPACOS :MAGNETITA, TITANOMAGNETITA, HEMATITA.						

CARACTERES ESPECIALES: LA MUESTRA TIENE UNA GRAN CANTIDAD DE MINERALES OPACOS EL CUARZO ES MUY TARDIO (XENOMORFICO)..

CLASIFICACION: PORFIDO CUARZO-MONZODIORITICO.

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 36-C

B) LOCALIDAD: 25 Km al SUR DE ARTEAGA, MICHOACAN.

C) EDAD O FORMACION:

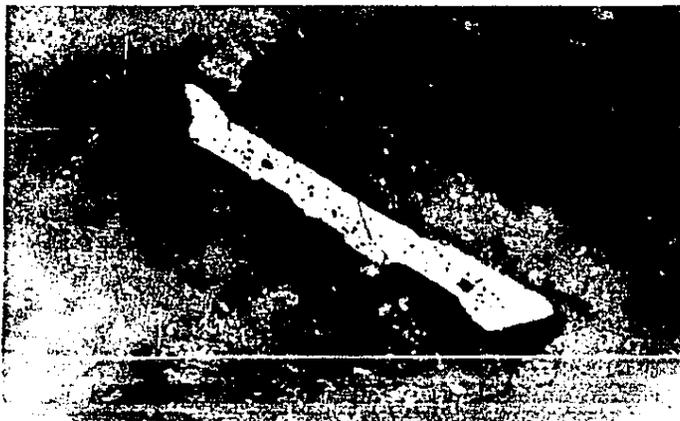
BATOLITO DE ARTEAGA.

2. TIPO DE ROCA:

PORFIDO CUARZO MONZO-DIORITICO.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA PRESENTA POCOS MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE FORMA IRREGULAR. LAS FASES MINERALES PRESENTES SON TITANOMAGNETITA PRINCIPALMENTE, SEGUIDA POR ILMENITA Y HEMATITA, CON ESTADOS DE OXIDACION BAJOS ENTRE C_1 - C_2 .



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION, OBJETIVO 20x, FILTRO VERDE.

I. NOTAS DE CAMPO

Original No. 38-13b.

Localidad: AEROPUERTO DE ZIHUATANEJO.

Edad o Formación: BATOLITO DE ZIHUATANEJO.

II. DESCRIPCION DEL EJEMPLAR DE MANO

Aspecto General: ROCA INTRUSIVA ACIDA, HOLOCRIHALINA, FANERITICA, DE GRANO FINO, SE DISTINGUEN: CUARZO, ORTOCLASA, PIROXENOS.

III. ESTUDIO MICROSCOPICO PARA CLASIFICACION

Textura: HIPIDIOMORFICA GRANULAR.

Estructura Original:

Estructura Secundaria:

MINERALOGIA (los minerales están agrupados con fines interpretativos y arreglados en cada grupo en el orden aproximado de abundancia) (En algunos casos con porcentajes aproximados).

PRIMARIO (*) Minerales Esenciales o/o	(Z) SECUNDARIO Productos de Alteración o/o	(M) METAMORFICO Minerales de Recristalización o/o	Porcentajes Recalculados:
-BIOTITA -HORNBLENDA. -CUARZO -PLAG.: ANDESINA-OLIGOCLASA. -FELD. K : ORTOCLASA.	-ZEOLITAS RELLENANDO FRACTURAS.		Q= 20% P= 45% A= 30% M= 5%
(V) MINERALES ACCESORIOS	(C) MATRIZ O CEMENTANTE	(O) SUSTANCIAS INTRODUCIDAS O MINERALIZACION	Q= CUARZO P= PLAGIOCLASAS A= ALCALINOS M= MAFICOS.
-APATITO -OPACOS (MAGNETITA TITANOMAGNETITA)			

CARACTERES ESPECIALES: PRESENTA MICROPERTITAS (INTERCRECIMIENTOS DE CUARZO Y FELDESPATOS).

Objetivo 4x (48 Aumentos)

Sin Nícoles Cruzados.

Filtro Verde



CLASIFICACION: GRANITO DE BIOTITA/HORNBLENDA.

IDENTIFICACION DE OXIDOS MAGNETICOS
(MICROSCOPIO MINERAGRAFICO)

72

1. NOTAS DE CAMPO.

A) SITIO: 38-Bb

B) LOCALIDAD: AEROPUERTO DE ZIHUATANEJO, GUERRERO.

C) EDAD O FORMACION:

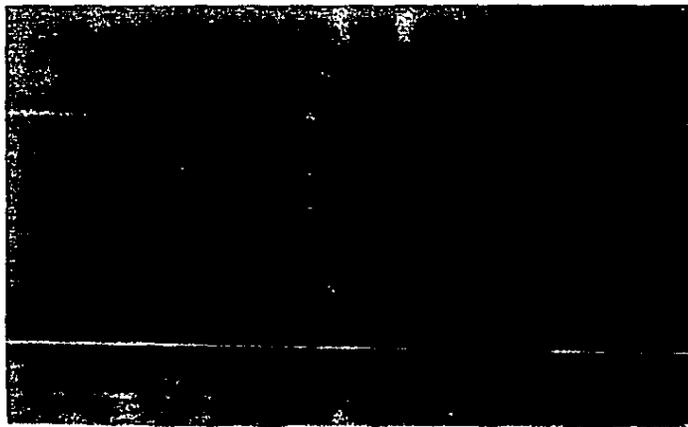
BATOLITO DE ZIHUATANEJO.

2. TIPO DE ROCA:

GRANITO DE BIOTITA/HORNBLENDA.

3. DESCRIPCION DE OXIDOS MAGNETICOS:

LA MUESTRA TIENE UNA CANTIDAD REGULAR DE MINERALES MAGNETICOS, DISTRIBUIDOS DE MANERA IRREGULAR. LAS FASES MINERALES PRESENTES CONSISTEN PRINCIPALMENTE DE TITANOMAGNETITA+ILMENITA+HEMATITA. CON ESTADOS DE OXIDACION QUE VARIAN ENTRE C_1 HASTA C_3 . LAS TEXTURAS DOMINANTES SON TIPO TRELIS.



4. CARACTERISTICAS DE LA FOTOMICROGRAFIA:

TOMADA CON EL MICROSCOPIO DE LUZ REFLEJADA, EN ACEITE DE INMERSION, OBJETIVO 125x, FILTRO VERDE.

5. PALEOMAGNETISMO.

5.1 Muestreo Paleomagnético.

Para el estudio paleomagnético se muestrearon 20 sitios, dentro de los batolitos que afloran entre Puerto Vallarta y Zihuatanejo (ver Figs. 2a y 2b). De cada sitio se tomaron un mínimo de 6 muestras, por lo que se obtuvieron un total de mas de 120 muestras

orientadas de rocas intrusivas.

Este muestreo estuvo condicionado por la existencia de datos geocronométricos para estos intrusivos y en gran parte fue realizado simultáneamente con el grupo de geocronología de la Universidad de Munich, Alemania Federal. De esta manera para la mayoría de los sitios muestreados para realizar el presente estudio paleomagnético, se tomó además una muestra para hacer geocronología, por los métodos de Rb/Sr y Nd/Sm (ver Capítulo 2 y Tabla 1).

Sin embargo de algunos sitios se conocía la edad de antemano a partir de los estudios de Gastil et al., (1976); Grajales-Nishimura y López-Infanzon (1983) y Pantoja-Alor (1983,1988).

El muestreo para paleomagnetismo se realizó por medio de una perforadora portátil de gasolina, la cual utiliza barrenas no-magnéticas con coronas impregnadas de diamante. Este tipo de perforadora permite obtener núcleos cilíndricos de aproximadamente 10 cm de largo, con un diámetro de 2.5 cm. Las muestras fueron orientadas por medio de un compás magnético y un inclinómetro (Collinson, 1983). Posteriormente los núcleos obtenidos se cortaron en especímenes de 2.1 cm de largo, añadiéndoseles sus correspondientes marcas de orientación.

5.2 Experimentos de Desmagnetización y Magnetismo de Rocas.

La dirección e intensidad de la magnetización remanente natural (MRN) de cada espécimen fue medida por medio de un magnetómetro Molspin. La estabilidad magnética y la composición vectorial de la MRN fue estudiada desmagnetizando los especímenes por medio de campos alternos (AF) en un aparato modelo Schonstedt de tres ejes, en ocho o más pasos de desmagnetización por arriba de los 30 mT; o bien mediante desmagnetización térmica en 8-10 pasos desde la temperatura ambiental hasta los 670° C en un horno modelo TSD-1 Shonstedt. La susceptibilidad magnética fue medida con un puente de campo bajo (Collinson, 1983).

Para determinar las características de la remanencia, los datos se graficaron en diagramas vectoriales (Zijderveld, 1967) y en redes estereográficas de igual área, los cuales indican las direcciones y componentes removidas en los diferentes pasos de desmagnetización para de esta manera poder evaluar los datos. En algunos casos se aplicó el análisis de componentes principales (PCA) para los datos de desmagnetización (Kirschvink, 1980), como por ejemplo los sitios: 9, 23, 25 y 36.

La mayoría de los especímenes exhiben curvas de magnetización simples, aunque en el sitio 38 (Zihuatanejo) las gráficas de desmagnetización no muestran una dirección estable, por lo que no fue posible calcular una dirección media (Ver figuras 7 y 8). Por otra parte de los sitios 3, 15 y 17 tampoco fue posible obtener una dirección media porque al medir su MRN se observó que

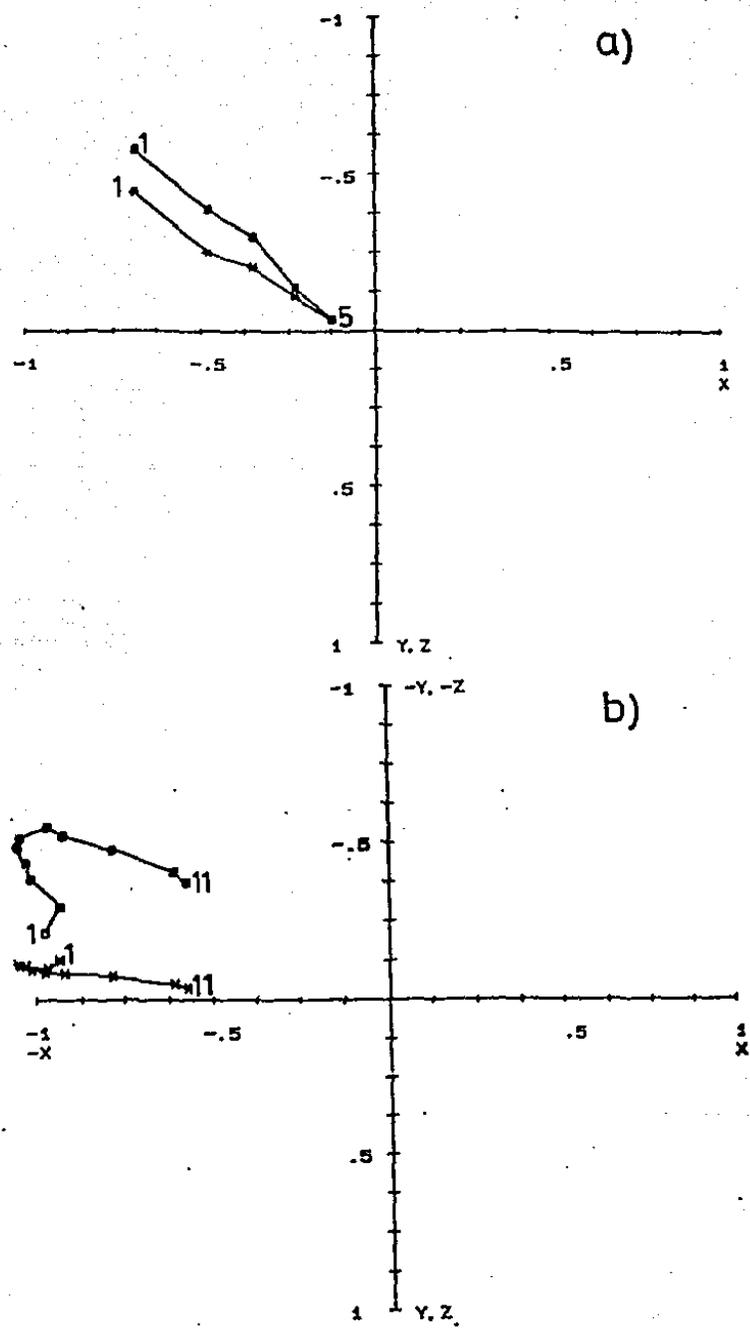


Fig. 8a. Diagramas vectoriales normalizados de desmagnetización (As,1960; Zijdeveld,1967), con ejemplos de magnetizaciones simples: a)Sitio #2 , b)Sitio #13.

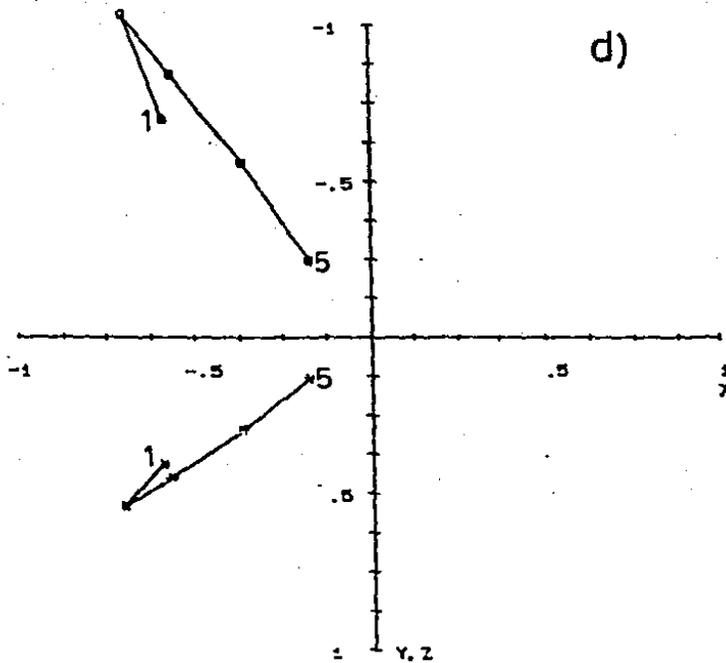
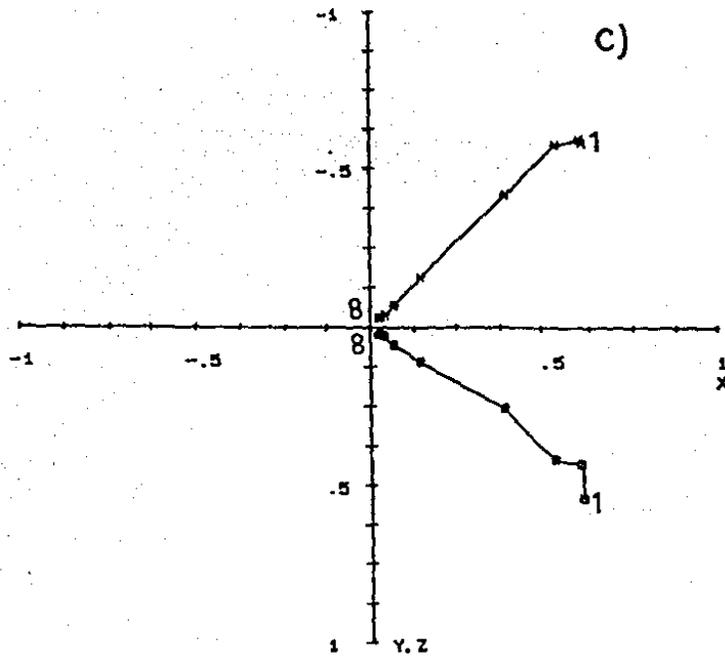


Fig. 8b. Diagramas vectoriales normalizados de desmagnetización, con ejemplos de magnetizaciones más o menos simples: c) Sitio #23, D) Sitio #24.

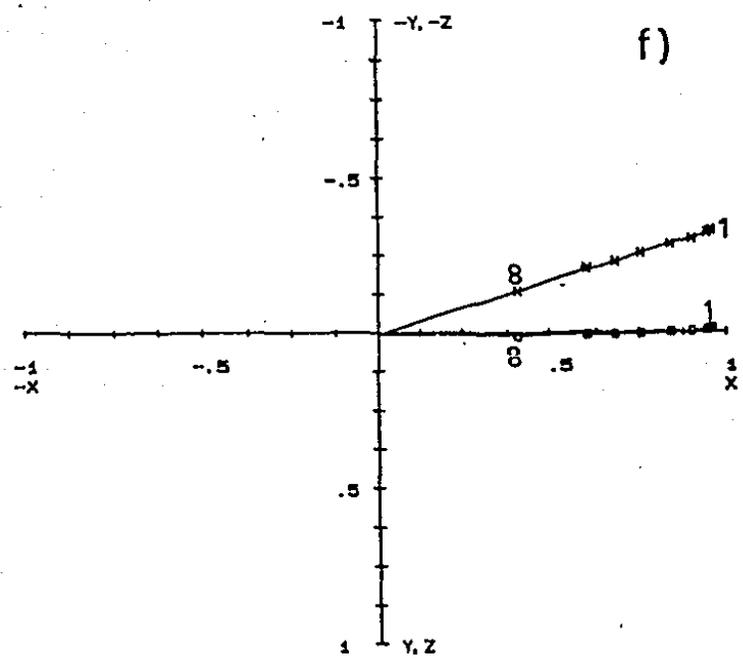
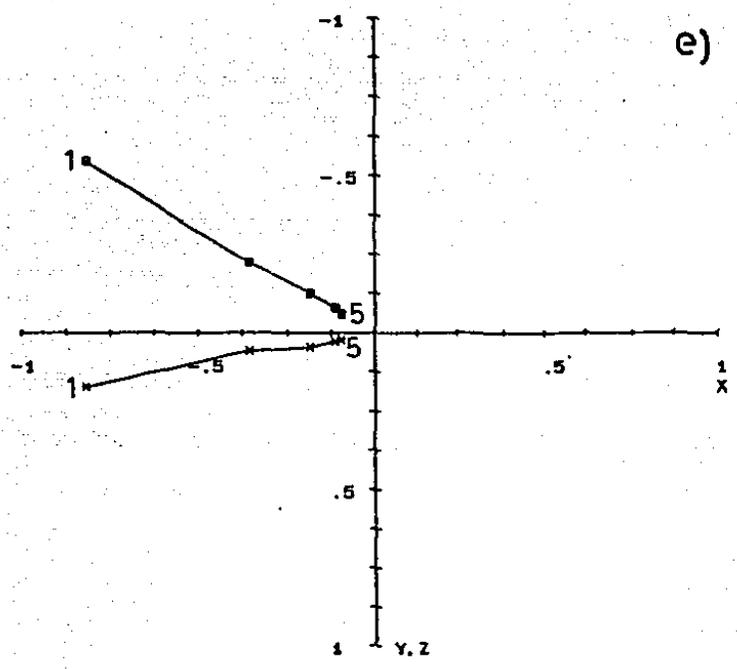


Fig. 8c. Diagramas vectoriales normalizados de desmagnetización; con ejemplos de magnetizaciones simples: e) Sitio #27, f) Sitio #28.

presentaban una intensidad de magnetización muy baja, por lo que no fueron desmagnetizados.

Sin embargo, para los demás sitios si fue posible calcular una dirección media (Fisher, 1953) utilizando las direcciones obtenidas por la evaluación individual de las curvas de desmagnetización.

Estas direcciones con sus correspondientes polos geomagnéticos virtuales (VGP) fueron resumidos en las tablas # 2 y 2a, junto con sus parámetros estadísticos n , R , K , A_{95} ; además de los valores medios de la intensidad de la remanencia (NRM), la susceptibilidad magnética en campos bajos así como el cociente de Königsberger (Q).

Los valores de susceptibilidad magnética van de 0.05×10^{-3} hasta 60.8×10^{-3} (Sistema S.I.) para las rocas intrusivas muestreadas.

La intensidad y la susceptibilidad varían dentro de un mismo sitio, así como entre los diferentes sitios de acuerdo con la litología que presentan. Sin embargo existe una correlación general de alta intensidad de la de la NRM con una alta susceptibilidad, la cual puede ser explicada por variaciones en el contenido x volumen de magnetita.

El cociente de Königsberger (Q) también muestra grandes variaciones, las cuales seguramente son debidas a las diferencias en el tamaño de grano y composición química de los portadores de la remanencia, más que por volúmenes variables de minerales magnéticos. Para las rocas muestreadas los valores de Q varían principalmente entre 0.1 y 1 (Ver Fig. 10).

De algunos sitios, principalmente del Batolito de Puerto

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tabla 2. Resultados Paleomagnéticos de los Intrusivos del Terreno Guerrero

No.	NRM A/m # .10	Suscept. (SI) .10	Q	MDF MDT	Observaciones
1	20.7 #	1.20	0.4	2.8 mT	*
2	55.9 #	6.6	0.3	6.7 mT	*
3	0.18#	0.29	0.01	No det.	*
4	5.50#	0.60	0.4)75 mT	*
5	62.4 #	2.39	0.76	3.8 mT	**
6	37.8 #	2.44	0.53	5.3 mT	**
7	7.40#	2.96	0.07	26 mT	**
8	19.1 #	11.0	0.66	17 mT	**
9	19.9 #	2.00	0.2	3.0 mT	*
10	24.1 #	1.68	0.47	12 mT	**
11	88.9 #	7.65	0.34	4.8 mT	**
12	62.3 #	3.57	0.49	10 mT	**
13	0.51	14.2	1.0	81 mT	*
14	0.29	0.05	201.)500 C	*
15	0.56	32.6	0.52	5.6 mT	**
16	0.28#	0.05	0.15	No det.	*
17	0.19#	0.09	0.06	No det.	*
18	27.6 #	1.27	0.75	13 mT	**
19	0.29	23.7	0.34	5.4 mT	**
20	0.14	9.94	0.37	3.3 mT	*
21	31.2 #	4.72	0.19	4.3 mT	**
22	44.4	9.50	0.13	1.8 mT	*
23	0.93	No det.	No det.	11 mT	*
24	1.14	1.20	21.0	86 mT	*
25	0.57	19.4	0.8	23 mT	*
26	2.08	60.8		5.0 mT	*
27	1.28	52.7	0.73	3.1 mT	*
28	1.80	6.80	14.8	71 mT	*
29	0.15	1.35	3.0	7.3 mT	**
30	0.42	0.39	31.4	543 mT	**
31	1.35#	0.07	0.58	29 mT	**
32	3.62#	0.18	0.58	42 mT	**
33	0.35	22.9	0.45	23 mT	**
34	70.0 #	6.59	0.30	7.6 mT	**
35	0.13	30.1	0.12	19 mT	**
36	87.9	No det.	No det.	24 mT	*
37	0.17	27.2	0.2	4.6 mT	**
38	88.6 #	10.53		No det.	*

NOTA: No., número de sitio marcado en las figs. 2a y 2b. Q, cociente de Königberger; MDF, Campo destructivo medio; MDT, temperatura destructiva media; *, sitio estudiado durante este trabajo; **, sitio estudiado por Böhnell et al., 1988.; No det., valor no determinado.

Tabla 2a. Resultados Paleomagnéticos de los Intrusivos del Terreno Guerrero.

No.	n/r	R	k	95 grados	Inc/Dec corregida grados	Lat/Lon grados
1	6/0	5.410	9	24.4	-18.4/320.0	40.4/130.9
2	6/0	5.751	20	15.3	39.9/ 8.1	82.2/329.2
3	No determinados.					
4	6/1	5.951	103	6.6	46.7/334.6	65.8/186.6
5	4/1	3.884	26	18.6	50.7/333.7	66.1/194.8
6	5/1	4.840	25	15.6	31.1/347.1	77.2/149.9
7	7/0	6.786	28	11.6	33.3/ 5.7	85.3/ 39.6
8	5/0	4.870	31	14.0	-47.1/160.1	-70.3/ 11.9
9	5/0	4.979	190	5.6	32.9/ 14.9	80.9/344.3
10	5/1	4.902	41	12.1	-36.3/170.3	-80.9/344.3
11	5/2	4.731	21	20.5	41.2/292.7	24.1/184.6
12	7/0	6.925	80	6.8	41.7/342.6	73.5/180.4
13	6/0	5.945	92	7.0	-26.8/180.6	-83.7/249.2
14	7/0	6.760	25	12.3	-43.9/164.6	-74.9/ 8.2
15	8/0	7.588	17	14.1	45.7/356.2	82.4/228.3
16	No determinados.					
17	No determinados.					
18	8/0	7.500	14	15.1	36.3/344.3	75.3/166.8
19	4/1	3.912	34	15.9	-6.9/218.0	-49.3/184.1
20	No determinados.					
21	5/0	4.826	23	16.3	-24.1/ 37.9	40.3/ 22.8
22	6/2	5.286	7	27.0	41.5/342.5	73.4/180.6
23	7/1	5.975	203	4.7	33.3/302.7	36.0/174.1
24	7/0	6.973	220	4.1	-49.0/132.1	-45.6/ 8.6
25	4/0	3.955	67	11.3	-48.3/127.2	-41.2/ 8.0
26	5/1	4.929	60	9.9	-32.7/168.5	-79.1/340.6
27	9/3	5.955	111	6.4	-27.9/179.6	-85.7/260.8
28	5/1	4.977	171	5.9	1.8/325.0	50.9/142.4
29	7/0	6.958	115	5.7	35.4/340.8	80.3/175.7
30	7/0	6.992	789	2.2	14.3/143.4	-45.8/315.0
31	9/1	7.395	5	25.7	-39.3/274.9	-2.7/145.7
32	6/0	5.975	199	4.7	-17.2/146.7	-56.4/335.7
33	7/0	6.978	271	3.7	27.9/313.0	44.9/170.5
34	3/1	2.873	16	32.2	37.9/ 16.0	74.7/333.9
35	3/2	2.996	504	5.5	-25.6/128.5	-40.4/350.3
36	7/0	6.989	560	2.6	-33.8/212.0	-59.8/155.2
37	7/1	6.593	15	16.3	53.5/ 33.7	56.0/314.0
38	No determinados.					

Nota: No., número de sitio; n/r, número de muestras/número de muestras rechazadas para el cálculo de la media del sitio; R, K, A 95, parámetros estadísticos (Fisher, 1953); Inc/Dec, inclinación/declinación de la dirección media del sitio; Lat/Long, latitud/longitud del polo geomagnético virtual (VGP) medio del sitio, usados en el cálculo de paleopolos.

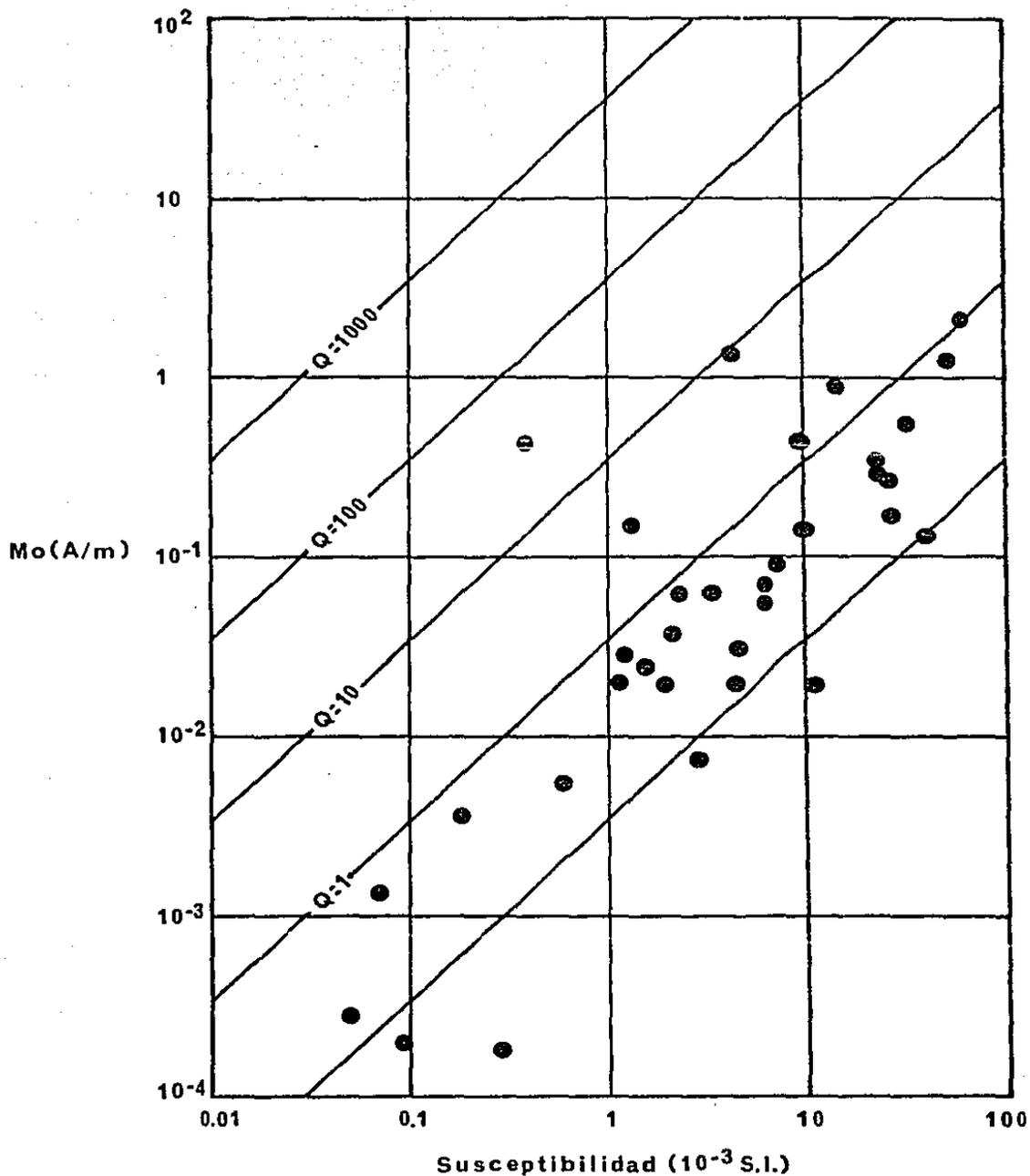


Fig. 10. Valores medios por sitio para la intensidad de la NRM y la Susceptibilidad (en unidades S.I.), donde las líneas transversales indican valores constantes de Q , (coefficiente de Königsberg).

Vallarta fueron obtenidas curvas termomagnéticas por Böhnell, (1985) a partir de la medición de la magnetización inducida en un campo magnético directo alto, como una función de la temperatura, obteniéndose siempre curvas reversibles con temperaturas de Curie cercanas a los 580° C, indicando a la magnetita como el mineral magnético dominante.

Experimentos de adquisición de magnetización remanente isotermal (IRM) en algunos sitios seleccionados, indican que el valor de la fuerza coercitiva H_c es bajo para este tipo de rocas con valores alrededor de 4 mT. El cociente de la magnetización de saturación remanente contra la magnetización de saturación $M_{rs}/M_s \leq 0.1$, indicando una contribución importante de las partículas de multidominio (Day et al., 1977).

5.3 Direcciones de la Remanencia y Paleopolos.

Las direcciones medias de los sitios muestreados fueron calculadas utilizando las direcciones obtenidas de la muestra por medio de la evaluación individual de las curvas de desmagnetización (Fisher, 1953). Las direcciones alejadas de la media fueron eliminadas de acuerdo a los criterios propuestos por Mc Fadden (1980).

En el sitio 38 no fue posible obtener una dirección media ya que las direcciones obtenidas de los especímenes de este sitio, comenzaban a ser muy inestables durante los diferentes pasos de desmagnetización.

Las direcciones de la magnetización remanente muestran principalmente inclinaciones hacia abajo y declinaciones hacia el Noroeste (ver Fig. 11a).

Los polos geomagnéticos virtuales (VGP) coinciden generalmente con el segmento correspondiente del Patrón de Movimiento Polar Aparente (APWP) para Norte América, o bien están desplazados hacia la izquierda (Ver Fig. 12).

Por otra parte se calcularon paleopolos de 4 regiones dentro del Terreno Guerrero. Esta división por regiones fue hecha además en función de la litología y la edad de las rocas muestreadas.

Estas regiones son:

A) Puerto Vallarta, B) Punta Mita, C) Manzanillo y D) Arteaga/Zihuatanejo.

Los VGP's medios para cada región, así como sus respectivos parámetros estadísticos, indicando los sitios utilizados en el cálculo, se encuentran en las Tablas 3 y 4 respectivamente.

A) Para el batolito de Puerto Vallarta (sitios 5-22) se obtuvo un paleopolo bien definido con un $A_{95} = 8.9^\circ$

La polaridad de la remanencia para este intrusivo es predominantemente normal: sólo 5 de los 15 sitios estudiados mostraron una polaridad reversa, lo cual concuerda bien con la edad asignada al batolito (80-105 m.a.), ya que dentro de la escala de polaridad se tiene la presencia del Supercron Cretácico Normal, el cual terminó hace 82 m.a.

Los cuerpos intrusivos teóricamente pueden sufrir basculamientos durante su emplazamiento, lo cual produciría una inclinación de los datos paleomagnéticos, si esto ocurre a temperaturas menores de la temperatura Curie. No se observaron anomalías significativas para la inclinación magnética de este complejo intrusivo, ni tampoco para los demás cuerpos intrusivos a lo largo de la zona estudiada, razón por la cual no se efectuaron

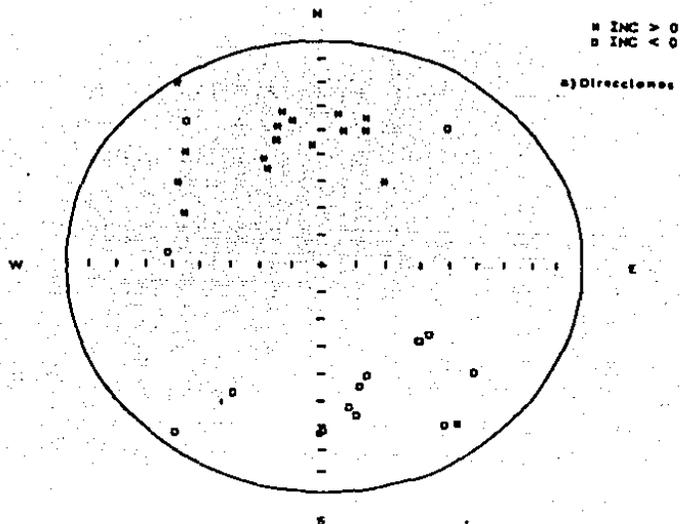


Fig. 11a. Proyección de igual área con las direcciones medias de todos los sitios estudiados.

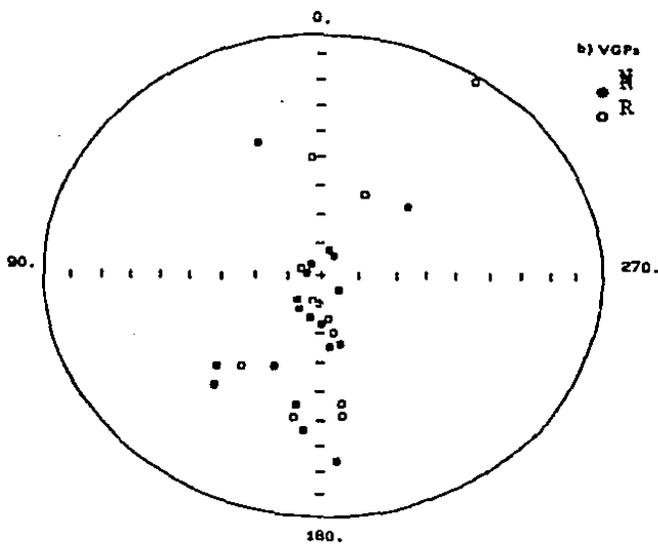


Fig. 11b. Proyección de igual área con los Polos Geomagnéticos Virtuales (VGP's) de todos los sitios estudiados.

TABLA 3. VGP's Medios y Parámetros Estadísticos para 4 Regiones Muestreadas (En función de la litología y edad que presentan)

A) PUERTO VALLARTA.

Sitios muestreados: 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,18,19,21,22.

Sin los sitios 11 y 21: $n=13$, $R=12.46609$, $K=22.5$

Media de los datos sin outliers: Lat= 83.9° , Lon= 177.6° ; A $95=8.9^{\circ}$

B) PUNTA MITA.

Sitios muestreados: 1,2,4

Usando los 3 sitios muestreados: $n=3$, $R=2.70945$, $K=6.9$

Media de los datos: Lat= 70.3° , Lon= 149.8° , A $95=51.5^{\circ}$

C) MANZANILLO.

Sitios muestreados: 23,24,25,26,27.

Usando los sitios muestreados: $n=5$, $R=4.61767$, $K=10.5$

Media de todos los datos: Lat= 58.6° , Lon= 179.7° , A $95=24.8^{\circ}$

D) ARTEAGA-ZIHUATANEJO.

Sitios Muestreados: 31,32,33,34,35,36,37.

Sin los sitios 31 y 37: $n=5$, $R=4.21132$, $K=5.1$

Media de los datos utilizados: Lat= 72.5° , Lon= 173.4° ; A $95=37.7^{\circ}$

TABLA 4. PALEOPOLOS Y PALEOLATITUDES DE LOS BATOLITOS MUESTREADOS

A) PUERTO VALLARTA.

Sitio de Referencia # 15, Lat=20.35°N, Lon= -105.32°E
 Paleolatitud observada= 21.6°N

Edad(m.a)	Polo Ref.	A 95	R(grados)	P(grados)	(°N) Paleolatitud
80/77	68/191	7*	16.1+12.5	7.0+11.3	+28.6
90/88	67/186	4*	17.7+10.6	5.4+ 9.8	+27.0
100/100	69/186	8**	15.5+13.1	4.9+12.0	+26.5
110/108	70/182	7**	14.7+12.3	3.4+11.3	+25.0

B) PUNTA MITA.

Sitio de Referencia # 2, Lat=20.81°N, Lon= -105.39°E
 Paleolatitud observada= 14.7°N

Edad(m.a)	Polo Ref.	A 95	R(grados)	P(grados)	(°N) Paleolatitud
50/50	82/189	4*	11.7+54.2	9.2+51.7	+23.9
60/56	81/188	5*	10.6+54.3	9.4+51.7	+24.1
70/67	74/190	7*	3.5+54.6	12.2+52.0	+26.9

C) MANZANILLO.

Sitio de Referencia # 25, Lat= 19.25°N, Lon= -104.55°E
 Paleolatitud observada= 23.7°N

Edad(m.a)	Polo Ref.	A 95	R(grados)	P(grados)	(°N) Paleolatitud
60/56	81/188	5*	24.5+27.8	-1.3+25.3	+22.5
70/67	74/190	7*	17.4+28.3	1.4+25.8	+25.2

D) ARTEAGA-ZIHUATANEJO.

Sitio de Referencia # 32, Lat= 18.41°N, Lon= -102.21°E
 Paleolatitud observada= 19.2°N

Edad(m.a)	Polo Ref.	A 95	R(grados)	P(grados)	(°N) Paleolatitud
40/40	84/168	4*	-12.2+40.6	-0.9+37.9	+18.3
50/50	82/189	4*	10.5+40.6	1.9+37.9	+21.1
60/56	81/188	5*	9.4+40.7	2.1+38.0	+21.3
70/67	74/190	7*	2.3+41.1	4.5+38.3	+23.7

Nota: *, Datos de Irving e Irving (1982); **, Datos de Harrison y Lindh (1982); R, rotaciones aparentes; P, Desplazamientos polares.

correcciones estructurales para los datos obtenidos durante este estudio.

B) De la región de Punta Mita, sólo se muestrearon 3 sitios, razón por la cual el paleopolo obtenido tiene un grado de incertidumbre muy alto, con un $A_{95} = 51.5^\circ$; además de que el rango para la edad es grande (50-70 m.a.). Los tres sitios muestran una polaridad normal.

C) En el batolito de Manzanillo de un total de 5 sitios se obtuvo un paleopolo con un $A_{95} = 24.8^\circ$. La polaridad de la remanencia para este intrusivo es predominantemente reversa (4 sitios).

D) Para la región de los batolitos de Arteaga/Zihuatanejo se obtuvo un paleopolo con $A_{95} = 37.7^\circ$ a partir de 7 sitios muestreados. La polaridad para estas rocas fue reversa para 4 sitios y normal para los 3 restantes.

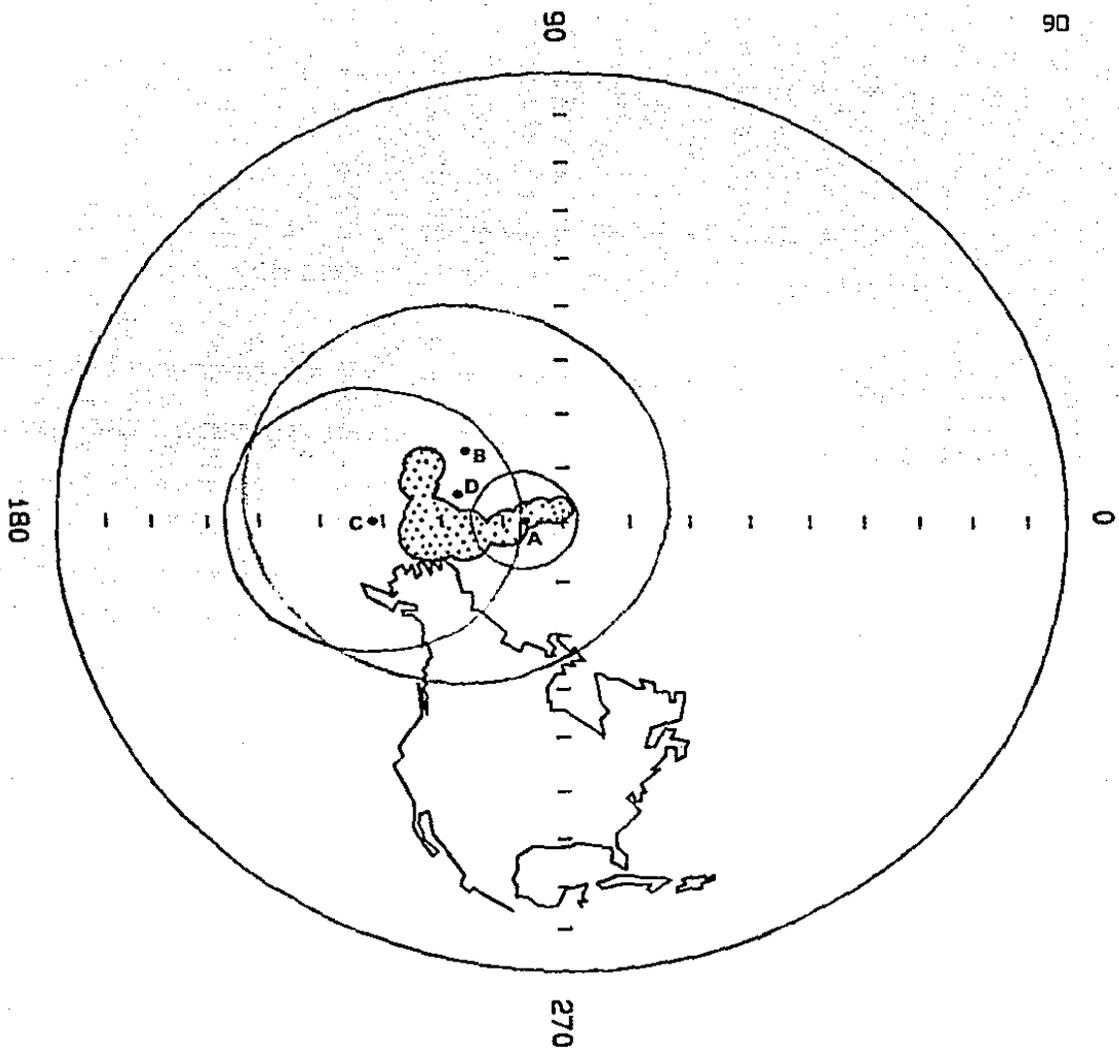
Para tratar de detectar posibles movimientos tectónicos sufridos por estos batolitos (Ver Capítulo 3), los paleopolos obtenidos para el área estudiada fueron comparados con los correspondientes polos de referencia para el Cratón de Norte América definidos por Irving and Irving (1982) para el lapso de edades entre 40 a 90 m.a. y por Harrison and Lindh (1982) para las edades de 100 a 110 m.a. (Fig.12; Tabla 4). De acuerdo con Beck (1988) y Demarest (1983), fueron calculadas además las rotaciones aparentes (R) y los desplazamientos polares (P). Los errores de R y P fueron calculados considerando los errores de los paleopolos observados, de los polos de referencia así como la incertidumbre en las edades para los polos observados, por medio

de la comparación con los polos de referencia que cubren el rango de edad entero.

Los cuatro paleopolos obtenidos no muestran un desplazamiento polar significativo, lo cual indica que el terreno Guerrero no ha experimentado movimientos latitudinales importantes con respecto al Cratón de Norte America desde hace por lo menos 110 m.a. (aunque no hay que olvidar la incertidumbre que existe en la estimación de paleolatitudes, además de que los alineamientos de anomalías magnéticas sugieren rotaciones locales).

Esto también se puede visualizar a partir de la Fig. 13, en donde las paleolatitudes calculadas de los paleopolos son graficadas con respecto al tiempo, junto con las paleolatitudes calculadas de los polos de referencia para las coordenadas geográficas de Zihuatanejo. Una posible explicación para los datos paleomagnéticos obtenidos para el terreno Guerrero considerando además a los datos de tipo geológico, es que dicho terreno se originó cerca del margen continental, seguido por movimientos menores.

Esto podría estar de acuerdo con los modelos tectónicos para el terreno Guerrero, en los cuales la composición y distribución de las rocas presentes están relacionadas a un arco de islas con una cuenca de pos-arco, los cuales posteriormente fueron integrados al margen continental por cambios en la configuración de las placas (Campa y Ramirez, 1978; Urrutia y Valencio, 1986). Uno podría esperar que el cierre y posterior acreción de dicha cuenca podría provocar grandes deformaciones así como rotaciones diferenciales de bloques. Sin embargo sólo se ha reportado una



6 Fig. 12 Paleopolos calculados para las diferentes regiones muestreadas, con sus límites de error del 63% (Proyección de Igual Area). El segmento del Cretácico al Reciente de la Curva de Movimiento Polar Aparente para Norte América con sus límites de error del 63% de acuerdo con Irving and Irving (1982) (10-90 M.A.) y Harrison and Lindh (1982) (100-150 M.A.) se muestra sombreado. Las letra A-D se refieren a la Tabla 3.

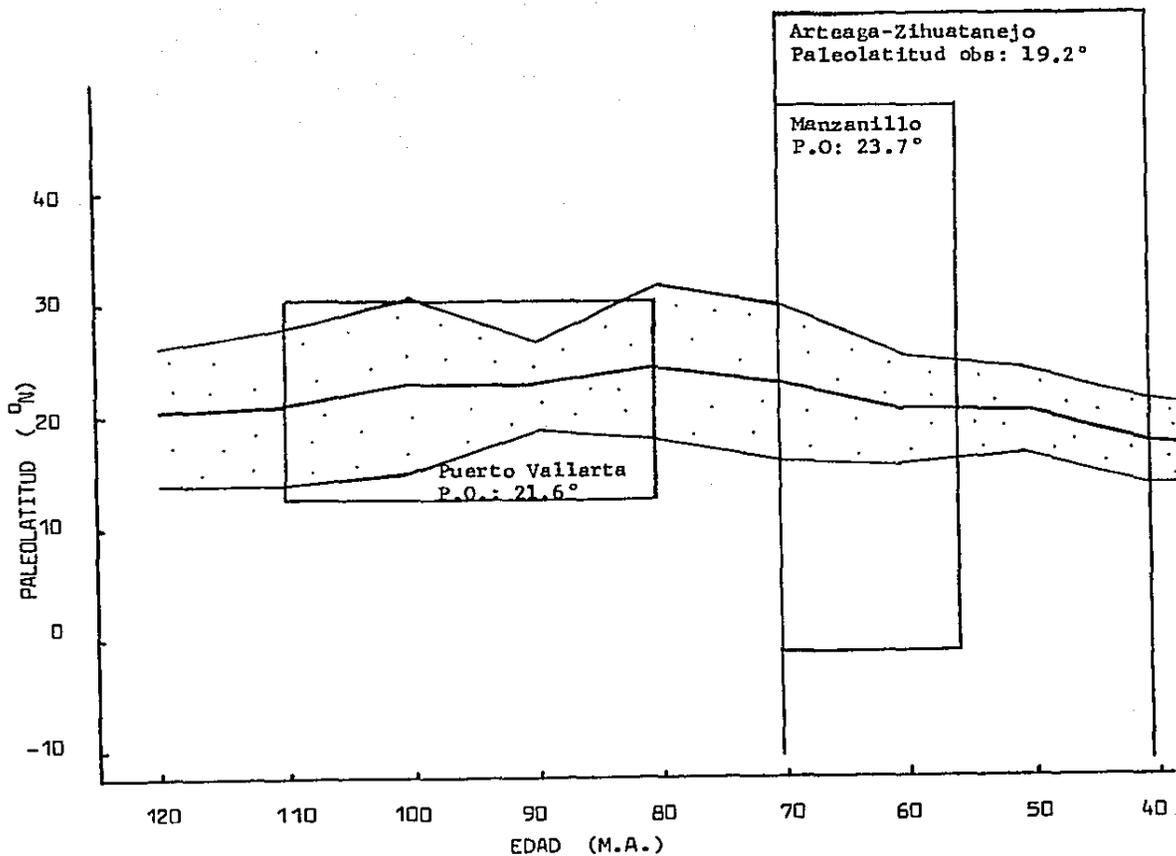


Fig. 13 Gráfica de paleolatitud esperada vs. tiempo para Zihuatanejo, asumiendo que este punto se ha mantenido fijo con respecto al cratón de Norte América. La línea gruesa representa la paleolatitud calculada a partir de los datos de Irving and Irving (1982), para el intervalo de 40 a 90 M.A., y de Harrison and Lindh (1982) para el intervalo de 90 a 120 M.A. con sus límites de error del 95% mostrados por el área sombreada. Cada rectángulo es definido por las barras de error del 95% para la paleolatitud y el rango de edad de los intrusivos usada en el cálculo de paleopolos.

deformación moderada para el terreno Guerrero (Ver Capítulo 2). Adicionalmente, la mayoría de los paleopolos (Ver Tabla 4), no indican rotaciones aparentes significativas.

Por ejemplo, el paleopolo para el batolito de Puerto Vallarta, indica una pequeña rotación en el sentido de las manecillas del reloj, la cual parcialmente podría haber sido resultado de los movimientos de la Placa de Rivera, separándose desde hace pocos millones de años de el continente.

5.4 Discusión sobre los Resultados Paleomagnéticos.

La mayoría de los modelos de tectónica de placas para la Cuenca Pacífica indican la interacción de las placas de Farallón y/o Kula con la placa Norte Americana para los pasados 180 m.a. y con la placa Pacífica sólo desde hace unos pocos millones de años. Engebretson et al., (1985) desarrollaron un modelo asumiendo que los Hot Spots en el Atlántico se han mantenido fijos con respecto a los Hot Spots en el Pacífico. De acuerdo con este modelo, la única interacción con Norte América antes de los 80 m.a. la tuvo la placa de Farallón. Entre los 180 y los 125 m.a. los procesos de convergencia involucraron componentes laterales derechas. A los 80 m.a. la placa de Kula comienza a entrar en contacto con el margen continental. La extensión al Sur de este contacto es desconocida debido a la incertidumbre en la posición de los ejes de expansión de Kula/Farallón (Fig. 14a). Las localizaciones posibles para estos ejes de expansión fluctúan entre algún lugar entre el Norte de California (opción Norte) y Guatemala (opción Sur).

La opción Norte podría localizar a la placa Farallón adyacente al

Oeste de los Estados Unidos de los 85 a los 56 m.a., produciendo una rápida convergencia entre las placas que puede estar asociada con el tectonismo Laramídico.

La opción Sur localiza a la placa de Kula a lo largo del Sur del margen continental Norte Americano, ofreciendo un mecanismo para un rápido transporte hacia el Norte de terrenos. Para los 56 m.a. la placa de Kula se habría movido hacia arriba, al norte de Norte América y otra vez la placa Farallón es subductada por debajo de México y América Central. Utilizando este modelo, Debiche et al., (1987) calcularon las trayectorias de terrenos transportados por las placas de Farallón y de Kula (seleccionando la opción Sur para la posición del eje de expansión de Kula-Farallón), así como la máxima traslación de terrenos a lo largo de la costa, producida por episodios de subducción oblicua.

En la Fig. 14b se muestran las trayectorias para terrenos hipotéticos, considerando coordenadas fijas para Norte América, determinadas por modelado hacia atrás para diferentes tiempos de arribo al borde continental mexicano. Las trayectorias indican un desplazamiento a gran escala hacia el Norte para un arribo a los 60 m.a., pero muestran un desplazamiento casi hacia el Este para un arribo de 120 m.a.

Después de su llegada, podría haber ocurrido un transporte a lo largo de la costa de acuerdo con Debiche et al., (1987), con una dirección predominantemente hacia el Norte.

Las trayectorias pueden ser trasladadas a curvas de paleolatitud contra tiempo, donde la Fig. 15a muestra que terrenos hipotéticos que arribaron hace 60 m.a. al Sur del margen continental de México presentan desplazamientos latitudinales mayores de 10° con

respecto a Norte América, con valores mucho menores para tiempos de arribo de 90 y 120 m.a.

Jurdy (1984) reconstruyó la subducción de la placa Farallón por debajo de la placa Norte Americana, a partir del Mesozoico tardío utilizando datos de movimiento relativo de placas (Fig.15.b). Para tiempos antes de los 60 m.a. y después de los 40 m.a., las trayectorias son parecidas a las proporcionadas por Debiche et al., (1987), indicando desplazamientos relativos hacia el Norte de Farallón con respecto a Norte América, pero de los 60 a 40 m.a. este movimiento fue casi este. Durante este corto período grandes desplazamientos laterales izquierdos podrían haber ocurrido, donde además la convergencia involucra componentes tangenciales hacia el Sur excediendo los 100 Km/m.a. (ver Fig. 15.b). Esto podría ofrecer un mecanismo para explicar el transporte del Bloque de Honduras-Nicaragua a lo largo de la costa hacia America Central, como es propuesto por Göse y Swartz (1977). La Fig 15.b muestra además los datos de convergencia de Engebretson et al., (1985) indicando que incluso antes de dicho período, desplazamientos tangenciales laterales izquierdos fueron probablemente más frecuentes a lo largo del margen continental del Sur de Mexico, que los desplazamientos laterales derechos. Esto entonces podría ofrecer un mecanismo para mover terrenos hacia el Sur desde al menos el Cretácico Inferior para la porción del Sur de México (como por ejemplo el Terreno Mixteco), como es propuesto por Morán-Zenteno (1987).

Dicho transporte hacia el Sur para los terrenos ocurrió inclusive a lo largo del margen continental Oeste de Canada y de USA para

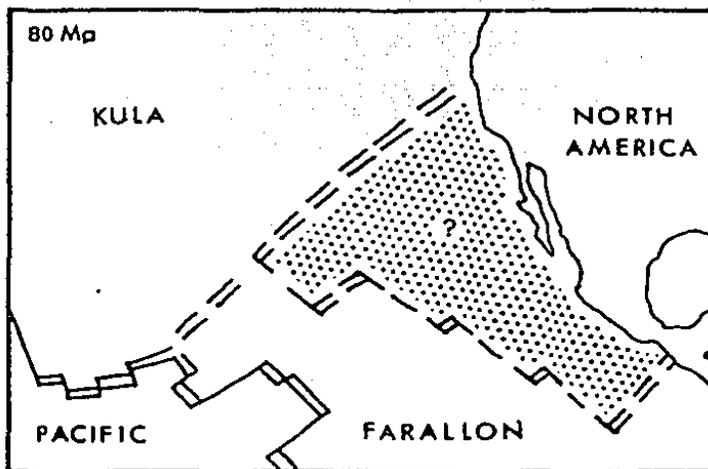


Fig. 14a. Configuración de placas en la Cuenca del Pacífico hace 80 m.a. de acuerdo con Engebretson et al.,(1985), el área punteada podría corresponder a la placa de Kula o de Farallón.

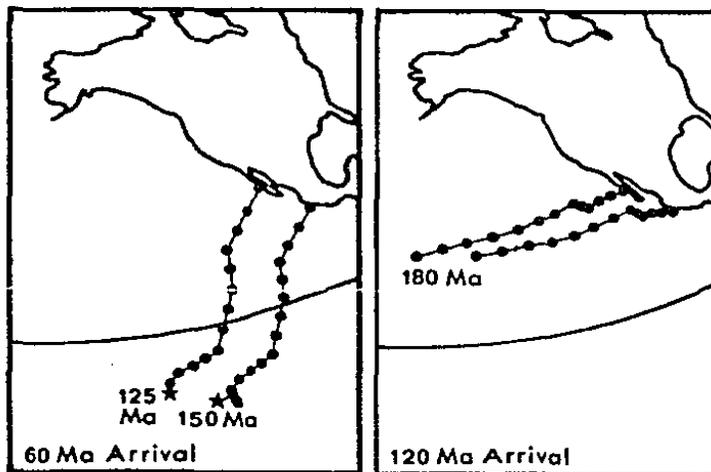


Fig. 14b. Trayectorias de dos terrenos hipotéticos, en intervalos de 10 m.a., para tiempos de arribo a los 60 y 120 m. a. para el borde continental mexicano (Debiiche et al.,1987) Las estrellas marcan las posiciones de los ejes de expansión. Los paleoequadores son marcados por medio de curvas con--vexas.

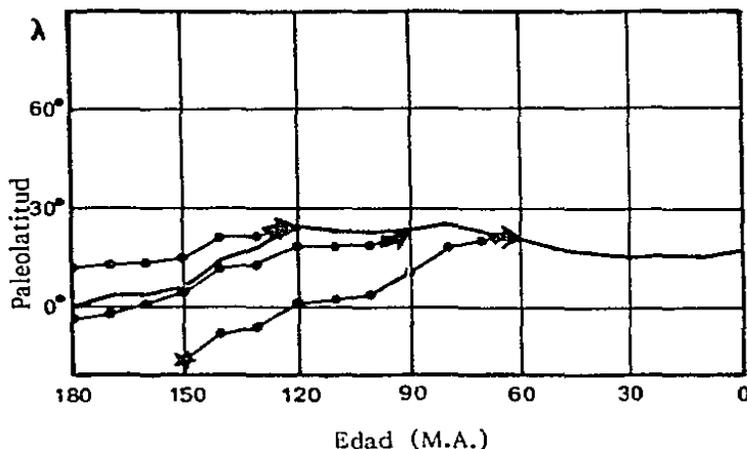


Fig. 15a. Curvas de Paleolatitud contra Tiempo para un punto a lo largo del borde mexicano (línea gruesa) y para tres terrenos hipotéticos arribando a los 120, 90, y 60 m.a. respectivamente al margen continental. La estrella - indica una posición sobre un eje de expansión.

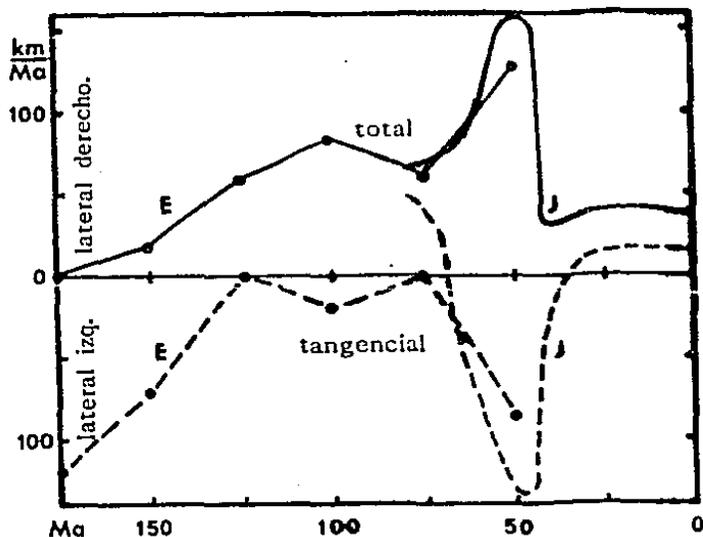


Fig. 15b. Tasas de convergencia totales y tangenciales desde 175 m.a. hasta el presente, a lo largo del margen continental del Sur de México, recalculadas de Engebretson et al. (1985) (E) y Jurdy (1984) (J).

tiempos anteriores a los 125 m.a., pero después de esta edad sólo son reportados desplazamientos de terrenos hacia el Norte (Beck, 1988).

Por lo tanto se puede concluir, que de acuerdo a los modelos de tectónica de placas para la Cuenca del Pacífico, el terreno Guerrero no muestra grandes cambios en su paleolatitud relativa con respecto a Norte America, desde el Cretácico Superior hasta el Presente. De acuerdo con las incertidumbres en la posición de las crestas de Kula-Farallón y las diferentes direcciones de convergencia en los diferentes modelos, la cantidad posible de transporte a lo largo de la costa para dicho terreno no esta bien definida. Por lo que probablemente ocurrieron frecuentes desplazamientos hacia el Sur, pero no pueden ser excluidos períodos de desplazamiento hacia el Norte, los cuales de hecho son fuertemente favorecidos por los datos paleomagnéticos para el Oeste de Norte America (Beck, 1988).

Beck (1983) propone que la convergencia oblicua fue el mecanismo más importante para el transporte hacia el norte así como rotaciones a favor de las manecillas del reloj, para los terrenos situados actualmente a lo largo del margen continental Oeste de la Placa Norte Americana en USA, y que posiblemente estos terrenos estaban situados originalmente cerca del Sur de México (Fig 5). Los datos paleomagnéticos obtenidos durante este trabajo sugieren que el Terreno Guerrero no participó en tales movimientos.

Estos datos concuerdan bien con los modelos de tectónica de placas para América Central y México (Anderson y Schmidt, 1984) y

con los datos paleomagnéticos del Bloque de Honduras-Nicaragua (Göse y Swartz, 1977). Esto apunta hacia una discontinuidad mayor dentro de los procesos tectónicos ocurridos a lo largo del Oeste de Norte América, en algún lugar al Norte del Terreno Guerrero.

Una posible explicación podría ser que las crestas entre las placas de Kula y Farallón estaban situados al Norte del Terreno Guerrero, marcando el límite entre el transporte de terrenos al Norte y al Sur respectivamente ya sea de una manera consecutiva o aún al mismo tiempo. En este caso las crestas podrían estar localizados mas o menos entre las opciones Norte y Sur propuestas por Engebretson et al., (1985) (ver Fig 14.a). Posiblemente se requieren velocidades de generación de corteza oceánica mayores entre las placas de Kula y de Farallón para desplazar terrenos a sus posiciones presentes en América Central.

Otras explicaciones podrían involucrar cambios en las aún poco confiables configuraciones de placas para la Cuenca Pacífica, incluyendo posiblemente límites de placas adicionales y/o diferente evolución en el tiempo.

Por otra parte, con un origen para el terreno Guerrero con una posición relativa a México muy similar a la presente, uno puede restringir las reconstrucciones tectónicas para Pangea, en el grupo entre SurAmérica y NorteAmérica. Si las rocas mas antiguas dentro del terreno Guerrero son Jurásico Inferior, como reportan Grajales-Nishimura y López-Infanzon (1983), Sur América podría haber estado localizada cerca del borde México-Guatemala.

6. CONCLUSIONES

El terreno Guerrero se caracteriza por la presencia de una serie de complejos batolíticos, de carácter fundamentalmente calco-alkalino (conteniendo principalmente hornblenda, biotita, magnetita y titanomagnetita), los cuales tienen edades que van del Cretácico Tardío al Terciario Temprano. Estos complejos intrusiónan a secuencias vulcano-sedimentarias andesítico-dacíticas, así como a a rocas metamórficas (esquistos y filitas), las cuales tienen edades de por lo menos Jurásico Tardío.

De esta forma el terreno Guerrero muy probablemente se originó como una serie de arcos de islas volcánicos asociados con varias cuencas marinas relativamente someras, los cuales posteriormente se integraron al margen continental mexicano.

Los complejos intrusivos del terreno Guerrero presentan como óxidos magnéticos principales a las series de titanomagnetita con estados de oxidación muy bajos o nulos (C_4-C_3), de acuerdo con la clasificación de Haggerty, (1983).

Los datos anteriores indican que estos intrusivos pertenecen a los denominados granitos Tipo I de acuerdo con la clasificación de Chappel y White (1974) y a las series de magnetita de Ishihara (1977) y Takahashi et al., (1974).

Estudios isotópicos, geoquímicos y petrográficos de estos complejos intrusivos que afloran a lo largo del terreno Guerrero (Figs. 2 y 3) indican que se formaron en un medio ambiente de arco de islas volcánico producido por una zona de subducción (Köhler et al., 1988 y Schaaf, comunicación personal).

Los datos paleomagnéticos obtenidos en 38 sitios, obtenidos en siete diferentes complejos intrusivos dentro del terreno

Guerrero indican que este no ha tenido grandes cambios en su paleolatitud relativa con respecto al cratón de Norte América, así como tampoco indican la existencia de movimientos de rotación a gran escala desde el Cretácico Tardío hasta el presente.

Los datos apoyan un origen para el terreno con una posición relativa a Mexico muy similar a la presente.

Estos datos por otra parte descartan la hipótesis de Campa y Coney (1983), los cuales asocian al terreno Guerrero con una cuenca oceánica profunda, la cual según estos autores es acrecionada al continente durante el Terciario Temprano.

REFERENCIAS

- Anderson, T.H., & V.A. Schmidt, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico - Caribbean Sea during Mesozoic time. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 94, 941-966, 1983.
- As, J.A., Instruments and measuring methods in palaeomagnetic research. *Med. Verh. Kon. Ned. Meteorol. Institut.*, 78,56, 1960.
- Beck, M.E. (Jr), Discordant paleomagnetic pole positions as evidence of regional shear in the western Cordillera of North America. *Am. J. Sci.*, 276, 694-712, 1976.
- Beck, M.E. (Jr), Paleomagnetic record of plate-margin tectonic processes along the western edge of North America. *J. Geophys. Res.*, 85, 7115-7131, 1980.
- Beck, M.E. (Jr), On the mechanism of tectonic transport in zones of oblique subduction. *Tectonophys.*, 93, 1-11, 1983.
- Beck, M.E. (Jr), Paleomagnetism of continental North America: implications for displacement of crustal blocks within the Western Cordillera, Baja California to British Columbia. In: *Geophysical framework of the continental United States.* Eds. L.C. Pakiser and W.D. Mooney, *Geol. Soc. Am. Mem.*, in press, 1988.
- Beck, M.E. (Jr), R.E. Burmester, D.E. Engebretson, & R. Schoonover, Northward translation of Mesozoic batholiths, western North America: paleomagnetic evidence and tectonic significance. *Geofis. Int.*, 20, 143-162, 1981.
- Böhnel, H., Palaomagnetische Untersuchungen an jurassischen bis quartaren Gesteinen aus Zentral und Sudmexiko. Ph. D. Thesis, Westfälische Wilhelms Universität Munster (Alemania), 235 pp., 1985.
- Böhnel, H., & J.F.W. Negendank, Paleomagnetism of the Puerto Vallarta intrusive complex and the accretion of the Guerrero terrane, Mexico. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 52, 330-338, 1988.
- Böhnel, H., J.F.W. Negendank, & J. Urrutia-Fucugauchi, Palaeomagnetism and ore petrology of three Cretaceous-Tertiary batholiths of southern Mexico. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, H2, 97-127, 1988.
- Böhnel, H., L. Alva-Valdivia, S. Gonzalez-Huesca, J. Urrutia-Fucugauchi, D. Moran-Zenteno & P. Schaaf. Paleomagnetic data and the accretion of the Guerrero Terrane, Southern Mexico Continental Margin, In: J. Hillhouse (Ed.) *Deep structure and past kinematics of accreted terranes*, AGU Monograph, in press.
- Buddington, A.F., D.H., Lindsley, Iron-Titanium oxide minerals and synthetic equivalents, *J. Petrology*, No. 5, 310-357.

- Campa, M.F., La evolucion Tectonica de Tierra Caliente., Bol. Soc. Geol. Mex., 39, 52-64, 1978.
- Campa, M.F., & J. Ramirez, La evolucion geologica y la metalogenesis del noroccidente de Guerrero. Publ. Univ. Auton. Guerrero., Serie Tecnica Cientifica, 1, 1-100, 1979.
- Campa, M.F., & P.J. Coney, Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico., Can. J. Earth Sci., 20, 1040-1051, 1983.
- Chappel, B.W., & A.J.R. White, Two contrasting granite types. Pacific Geol., 8, 173-174, 1974.
- Craig, J.R. & D.J. Vaughan, Ore microscopy and ore petrography, John Wiley and Sons, 1981.
- Dankers, P.H.M., Magnetic properties of dispersed natural iron-oxides of know grain size. Ph. D. Thesis, Univ. Utrecht, 142 pp, 1978.
- Day, R., M.D. Fuller, & V.A. Schmidt, Hysteresis properties of titanomagnetites: grain size and compositional dependence. Phys. Earth Planet. Inter., 13, 206-276, 1977.
- Debiche, M.G., A.V. Cox, & D. Engebretson, The motion of allochthonous terranes across the north Pacific basin. Geol. Soc. Am. Special Paper, 207, 49 pp. 1987.
- De Cserna, Z., Reconocimiento geologico en la Sierra Madre del Sur entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero., Bol. Inst. Geol. UNAM, 62, 77 pp. 1965.
- De Cserna, Z., Notas sobre la geologia de la region comprendida entre Iguala, Ciudad Altamirano y Temascaltepec, Estados de Guerrero y Mexico., Libro guia excursion a Tierra Caliente., Soc. Geol. Mex., 1-25, 1978.
- De Cserna, Z., E. Schmitter, P.A. Damon, D.E. Livingston, & L.J. Kulp, Edades isotopicas de rocas metamorficas del centro y sur de Guerrero y de una monzonita cuarcifera del norte de Sinaloa. Bol. Inst. Geol. UNAM, 64, 71-84, 1962.
- De Cserna, Z., C. Fries, C. Rincon, H. Westley, J. Solorio, & E. Schmitter, Edad precambrica tardia del Esquisto Taxco, estado de Guerrero. Bol. Asoc. Mex. Petr., 26, 183-193, 1975.
- Demarest, H.H. (Jr), Error analysis for the determination of tectonic rotation from paleomagnetic data., J. Geophys. Res., 88, 4321-4328, 1983.
- Dunlop, D.J., Magnetic mineralogy of unheated red sediments by coercivity spectrum analysis. Geophys. J. R. astr. Soc., 27, 37-55, 1972.

- Engebretson, D.C., R.G. Gordon, & A. Cox, Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin. Spec. Pap. Geol. Soc. Amer., 59 pp., 1985.
- Ferrusquia-Villafranca, I., S.P. Appelgate, & Espinoza-Arrubarena, Rocas volcanosedimentarias Mesozoicas y huellas de dinosaurios en la region Sur-Occidental de Mexico. Rev. Inst. Geol., UNAM, 5, 150-162, 1978.
- Fisher, R.A., Dispersion on a sphere. Proc. R. Soc. London., A-127, 295-305, 1953.
- Fries, C. (Jr), C. Rincon-Orta, E. Solorio-Munguia, E. Schmitter, & Z. De Cserna, Una edad radiometrica ordovicica de Totoltepec, Estado de Puebla, Libro Guia Excursion Mexico-Oaxaca, Soc. Geol. Mex. Libro Guia, 164-166, 1970.
- Gastil, G., D. Krummenacher, J. Dupont, J. Bushee, W. Jensky, & D. Barthelmy, La zona batolitica del sur de California y el occidente de Mexico., Bol. Soc. Geol. Mex., 37, 84-90, 1976.
- Göse, W.A., & D.K. Swartz, Paleomagnetic results from Cretaceous sediments in Honduras: tectonic implications. Geology, 5, 505-508, 1977.
- Grajales-Nishimura, J., & M. Lopez-Infanzon, Estudio petrogenetico de las rocas igneas y metamorficas en el Prospecto Tomatlan-Guerrero/Jalisco, Proyecto C-1160, Internal Report, Instituto Mexicano del Petroleo, 69 pp., 1983.
- Gribble, C.D., & A.J. Hall, A practical introduction to optical mineralogy, George Allen and Linwin, London, 1985.
- Guerrero-Garcia, J.C., L. Silver, & T.H. Anderson, Estudios geocronologicos en el complejo Xolapa., Bol. Soc. Geol. Mex., 39, 22-23 (resumen), 1978.
- Halpern, M., J.C. Guerrero-Garcia, & M. Ruiz-Castellanos, Rb-Sr dates of igneous and metamorphic rocks from south eastern and central Mexico: A progress report. Abstract Union Geof. Mex., 30-32, 1974.
- Harland, W.A., A.V. Cox, P.G. Llewellyn, C.A.G. Pickton, A.G. Smith, & R. Walters, A geologic time scale. Cambridge University Press, 131 pp., 1982.
- Harrison, C.G.A., & T. Lindh, A polar wandering curve for North America during the Mesozoic and Cenozoic., J. Geophys. Res., 87, 1903-1920, 1982.
- IMP-INEGI (Instituto Mexicano del Petroleo-Instituto Nacional de Estadistica Geograf(ia e Informatica., Carta de terrenos y conjuntos estrato-tectonicos de la Rep. Mexicana, Mexico, D.F. 1984
INEGI (Instituto Nacional de Estadistica, Geografia e

- Informatica), Mapas geológicos 1:1,000,000, Guadalajara y Mexico, Mexico, D.F., 1980.
- Irving, E., Paleopoles and paleolatitudes of North America and speculations about displaced terrains., *Can. J. Earth Sci.*, 16, 669-694, 1979.
- Irving, E., & G.A. Irving, Apparent polar wander paths Carboniferous through Cenozoic and the assembly of Gondwana. *Geophys. Surv.*, 5, 141-188, 1982.
- Ishihara, S., The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Min. Geol.*, 27, 293-305, 1977.
- Jurdy, D.M., The subduction of the Farallon Plate beneath North America as derived from relative plate motions., *Tectonics*, 3, 107-113, 1984.
- Karig, D.E., R.K. Cardwell., G.F. Moore, & D.G. Moore, Late Cenozoic subduction and continental margin truncation along the northern Middle America Trench., *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 89, 265-276, 1978.
- Kirschvink, J.L., The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data., *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 62, 699-718, 1980.
- Köhler, H., P. Schaaf, D. Muller-Sohnius, R. Emmermann, J.F.W. Negendank, & H.J. Tobschall, Geochronological and geochemical investigations on plutonic rocks from the complex of Puerto Vallarta, Sierra Madre del Sur (Mexico)., *Geof. Int.*, 28, 519-542, 1988.
- Malfait, B. T., & M. G. Dinkelman, Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean Plate., *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83, 251-272, 1972.
- McFadden, Determination of the angle in a Fisher distribution which will be exceeded with a given probability., *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 60, 391-396, 1980.
- Moran-Zenteno, D. J., Paleogeografía y Paleomagnetismo pre-Cenozoicos del Terreno Mixteco., Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias UNAM, 177 pp., 1987.
- Mujica, R., Estudio radiométrico de las rocas ígneas y metamórficas del Prospecto Coalcoman-Arteaga, Edo. de Michoacán, IMP., reporte interno, 30 pp., 1978.
- Negendank, J. F. W., Notas del curso "Identificación de Minerales Opacos" impartido en la Fac. de Ingeniería, UNAM, febrero 1988., inedito.
- O'Reilly, W., Rock and mineral magnetism, Ed. Chapman & Hall, New York, 250 pp., 1984.

- Ortega-Gutierrez, F., Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance., *Geof. Int.*, 20, 177-202, 1981.
- Pantoja-Alor, J., Geocronometria del magmatismo Cretacico-Terciario de la Sierra Madre del Sur., resumen, *Soc. Geol. Mex.*, XLIV, 29, 1983.
- Pantoja-Alor, J., Petrologia e implicaciones tectonicas del evento magmatico Balsas (Paleogeno) de la Sierra Madre del Sur, resumen, Reunion anual de la Union Geof. Mex., Colima, 1988.
- Ruiz-Castellanos, M., Rubidium-Strontium geochronology of the Oaxaca and Acatlan areas of southern Mexico., Ph. D. Thesis. Univ. Texas at Dallas, 178 pp., 1979.
- Rumble, D. (Editor): Oxide Mineral, con dos articulos especiales: Stephen C. Haggerty: Oxidation of opaque mineral oxides in basalts y Opaque mineral oxides in terrestrial igneous rocks., *Reviews in Mineralogy, Mineralogical Soc. Amer.* 3, 1981.
- Schaaf, P., Kohler, H., von Drach, V., Negendank, J., & Emmermann, R.; Fechamientos isotopicos por Rb-Sr y Sistemática Sr-Nd en granitoides de la costa del Pacifico de Mexico. Resumen, Congreso Geologico Nacional, 1988.
- Takahashi, M., S. Aramaki, & S. Ishihara, Magnetite-Ilmenite series vs. I-type/S-type granite., In: S. Ishihara, & S. Takenouchi, (Eds.), *Granitic magmatism and related mineralization.*, *Mining Geol., Japan Spec. Iss.*, 8, 13-28, 1974.
- Urrutia-Fucugauchi, J., Palaeomagnetism and rockmagnetism of selected intrusive igneous bodies from southern Mexico: I. Reconnaissance study of the Acapulco and Tierra Colorada intrusives. *Geof. Int.*, 22, 39-56, 1983.
- Urrutia-Fucugauchi, J., On the tectonic evolution of Mexico: Paleomagnetic constraints. In: R. Van der Voo, C. R. Scotese, & N. Bonhommet (Eds.) *Plate reconstruction from Paleozoic paleomagnetism.* AGU Geodynamic Series, 12, 29-47, 1984.
- Urrutia-Fucugauchi, J., Paleomagnetic study of the Cretaceous Morelos Formation, Guerrero State, southern Mexico., *Tectonophys.*, 147, 121-125, 1988.
- Zijderveld, J. D. A., A. C. Demagnetization of rocks. In: D. W. Collinson, K. M. Creer, & S. K. Runcorn (Eds.), *Methods in palaeomagnetism.* Elsevier, Amsterdam. 254-286, 1967.