UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGIA

MAPEO GEOLOGICO DE SUPERFICIE DEL CUADRANGULO GRANADOS, ESCALA 1:50,000

Coordinado Por
SERGIO D. MORAN I.

Investigadores
Luis G. Chiquín M
Jaime E. Requena F.

Inicio: enero 2000
Finalización: marzo 2001

Indice

Resumen	
Capítulo I: Introducción	1
Objetivos	2
Metodología	2
Localización y vías de acceso	3
Capítulo II: Marco Geológico Regional	6
Ambiente Tectónico	6
Estratigrafía	7
Capítulo III: Geología Local	9
Introducción	9
Unidades litológicas	9
Grupo Chuacús	10
Filitas San Diego	23
Grupo El Tambor	23
Granito Tres Sábanas	28
Formación Subinal	28
Rocas Volcánicas	29
Aluviones y Coluviones	29
Capítulo IV: Geologia Estructural	31
Introducción	31
Foliaciones	31
Pliegues	32
Lineaciones	34
Fallas y zona de cizalla	35
Diaclasas	37
Capítulo V: Geologia Económica	39
Minerales	39
Rocas ornamentales	42
Rocas para construcción	43
Capítulo VI: Análisis y discusión de resultados	44
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones	47

¨El mapa geológico es un índice de la extensión y exactitud del conocimiento geológico y también es la base de la investigación futura. Es el vehículo por el cual los hombres pueden comunicar los descubrimientos relativos de la naturales... El mapa geológico puede, por lo tanto, ser considerado una fuerza dinámica en la geología¨.

North, 1,928.[*]

[*] Harrison, J.M., 1963. Naturaleza y Significado de los Mapas Geológicos, en Albritton, C.C: Filosofia de la Geología. Edit. CECSA. P. 285-293. En YAMANIC. Boletín de la Sociedad Geológica de Guatemala. Noviembre, 1999.

Resumen

La Zona de Falla del Motagua (ZFM) define una sutura cuya expresión es el valle del Motagua, a lo largo de la cual los bloques Maya y Chortís con diferentes historias geológicas están ahora unidos. Al Norte de la zona, en el cuadrángulo Granados, las montañas de la Sierra de Chuacús están compuestas de un complejo de rocas metasedimentarias y posiblemente metaintrusivas denominadas Grupo Chuacús, el que fue subdividido en seis unidades litoestratigráficas de carácter informal: Gneis feldespático, Gneis migmatítico-anfibolita, Gneis cuarzo-feldespático, Esquistos Granatíferos, Gneis cuarzo-feldespático-biotita y Gneis de cuarzo-mica (del Bloque Maya), del Paleozoico inferior o mas antiguas. Al Sur de la ZFM se mapearon las Filitas San Diego, del Bloque Chortís, que representan depósitos de una amplia plataforma continental, que han sido atribuidas al Pensilvánico-Pérmico.

La parte central de la ZFM está representada por rocas del complejo ofiolítico del Grupo El Tambor, que formaron parte de un océano que dividía a los bloques Maya y Chortís. Las rocas de este complejo son peridotitas serpentinizadas, *pillow lavas*, *chert* radiolarico?, lutitas y calizas fosilíferas, las cuales han sido atribuidas tentativamente al Cretácico superior. Pero, durante la colisión Cretácico/Terciario, estas rocas cabalgaron tanto al Norte como al Sur. Esta colisión, también produjo metamorfismo en las rocas preexistentes, como se observa en la unidad de esquistos granatíferos, cuyos granates están parcialmente sustituidos por clorita, evidenciando un metamorfismo retrógrado. Además, hubo fusión parcial de rocas preexistentes, lo cual generó una serie de intrusivos, como el Granito Tres Sábanas (plutón San Pedro Ayampuc), de edad Cretácico/Terciario. Posteriormente, el área en estudio principió a emerger y los procesos de erosivos dieron origen a los sedimentos que conforman la Formación Subinal. La actividad volcánica Terciaria/Cuaternaria, también produjo material que cubrió ampliamente la zona estudiada. Finalmente, Aluviones y Coluviones son los depósitos Cuaternarios que afloran en el área estudiada.

La historia estructural de las rocas metamórficas del Grupo Chuacús involucra varias fases, evidenciada por la sobreimpresión de pliegues en afloramientos aislados de la esquina noreste del cuadrángulo, observándose en capas de cuarcitas, donde pliegues cerrados o apretados P_1, cuya traza de la superficie axial Norte-Sur es S_1, esta sobreimpreso el pliegue abierto P_2, cuyas trazas de la superficie axial S_2 se orienta Este-Oeste, con vergencia hacia el Norte e inmersión de sus ejes hacia el sureste.

La complejidad tectónica de la zona hace sumamente difícil la reconstrucción de la sucesión estratigráfica. La definición en la sucesión de los cuerpos rocosos separados cartográficamente, presenta serias dificultades, debido a la deformación poliepisódica de las rocas, poca datación radiométrica y escasos estudios estructural detallados.

Asimismo, los datos estructurales revelan, a pesar de toda la complejidad expresada, la existencia de una dirección de paleoesfuerzo. El análisis de las fallas, define dos direcciones de compresión: N10E y N45E. Las fallas normales orientadas tanto al NE-SW, pueden corresponder a zonas de transtensión o al fallamiento normal que se da a lo largo de las charnelas de los pliegues. Por otro lado, las fallas inversas orientadas NW-SE pueden ser producto de transpresión que se generan a lo largo de ambientes transcurentes.

Con respecto a los minerales mapeados con condiciones económicas son cuarzo, feldespato (pegmatitas) y granates; rocas ornamentales: peridotitas serpentinizadas (mármol verde), mármol, gneises, y calizas. Pero estos merecen más trabajos exploratorios, para determinar su potencial, lo cual redundará en beneficio de las comunidades que habitan en el cuadrángulo Granados.

CAPITULO

I Introducción

La geologia de la republica de Guatemala ha sido objeto de estudio desde finales del siglo pasado por geólogos de diferentes universidades extranjeras, sin embargo, hasta hace pocos años atrás, geólogos nacionales hacen las primeras y muy valiosas investigaciones enfocadas en temas específicos y/o áreas pequeñas de estudio, que incluyen el cartografiado geológico y el ordenamiento estratigráfico, como el presente, el cual, es fruto del trabajo de la carrera de geologia del centro Universitario del Norte, con el financiamiento de la Dirección General de Investigación (DIGI), de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La región estudiada abarca unos 500 km^2, situada en la parte central del país entre la Sierra de Chuacús y la zona de falla del Motagua. El margen Sur de la región ha sido considerada como el limite transformante entre los bloques Maya y Chortís, formada por rocas metamórficas, ultrabásicas y sedimentarias, dentro de una zona de cizalla simple.

El objetivo de este trabajo es ofrecer el cuadro general desde el punto de vista litoestratigráfico y estructural, basado en descripciones a nivel macroscópico, rasgos geológicos tanto a nivel de afloramiento como de fotografías aéreas e imágenes satelares de la región que abarca el cuadrángulo Granados a escala 1:50,000. Asimismo, se describen y localizan los principales depósitos minerales encontradas dentro de la zona y se mencionan junto a ello, los principales usos en la industria.

La geologia que se presenta es un trabajo base, ya que faltan por detallarse aspectos paleontológicos, palinológicos, radiométricos, petrográficas, estratigráficos y estudios estructurales mas detallados, para lograr correlacionar y definir la evolución de la deformación en las rocas de la zona estudiada.

El levantamiento de mapas geológicos es básico, y es un instrumento poderoso para la solución de muchos problemas geológicos, tales como descubrimiento y la evolución de los recursos minerales, el análisis de los problemas ambientales y la prevención de los riesgos geológicos, proporcionando una base de datos para las evoluciones futuras de los recursos y riesgos, que pueden ser utilizadas por agencias gubernamentales, iniciativa privada e instituciones académicas, logrando incrementar la experiencia científica en la comunidad científica local.

La metodología de campo consistió en un cartografiado convencional de unidades litoestratigráficas en base a descripciones macroscópicas, que luego fueron plasmadas en mapas de trabajo a escalas entre 1:25,000 a 1:50,000. El procesamiento así como el tratamiento estadístico de datos, se realizo con el auxilio de los *softwares Corel Draw, Stereo, Rose* y *Angelier*.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivos Generales

- ✓ Elaborar un documento que sintetice la información geológica del cuadrángulo de Granados, fortaleciendo con esto al conocimiento geológico del país.
- ✓ Proveer información sobre la geología y depósitos minerales metálicos y no metálicos, cuyos datos podrán utilizarse tanto en el aspecto socio-económico así como en lo practico y académico.

1.1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar y delimitar las diferentes unidades de roca en la zona, mediante sus características litológicas, estableciendo sus relaciones mutuas, tanto vertical como horizontal.
- ✓ Ubicar yacimientos minerales en la región de Granados B.V. para conocer su distribución y posibles usos en industria de acuerdo a sus características geológicas.
- ✓ Analizar la información de campo y laboratorio para concluir en la elaboración de un mapa geológico-estructural y perfil a escala 1:50,000 del cuadrángulo Granados B.V.

1.2. METODOLOGÍA

La realización del proyecto se llevó a cabo con el desarrollo de las siguientes fases:

Fase de compilación bibliográfica: consistió en recopilar, analizar e interpretar textos, artículos, mapas, fotografías aéreas e imágenes satelares, con el fin de obtener un conocimiento general de la geología, metodología y localización con mayor precisión de los afloramientos, contactos, longitud y tendencia, tanto de la litología como de los rasgos estructurales.

Fase de campo: se inicio con un reconocimiento de la zona de estudio, donde posteriormente se realizó el levantamiento geológico a escala 1:25,000 y 1:50,000. En esta fase, se ubicaron, delimitaron y describieron detalladamente las características litológicas y estructurales de las unidades de roca. Se utilizó el método de caminamientos y de afloramientos. El control de los afloramientos se realizó con GPS. Paralelo al levantamiento, se realizó un muestreo de las distintas unidades.

Fase de laboratorio: según se tenia estipulado en el anteproyecto, se pretendía realizar en la segunda fase de ejecución del proyecto, donde se contemplaba el análisis petrográfico de las muestras, análisis con microsonda electrónica, dataciones radiométricas, etc., para determinar facies metamórficas, composición mineralógica, fases de deformación y edad de las rocas. Sin embargo, y en ausencia de los datos anteriores, se realizó una descripción macroscópica de todas las muestras recolectadas, se realizaron análisis por difracción de rayos X (DRX) y se determinó la microfauna de algunas rocas sedimentarias, con la colaboración del Dr. Eric

Fourcade (Q.P.D), de la Universidad Pierre et Marie Curie (Francia), las cuales fueron de utilidad en la definición de edad relativa.

Finalmente, la **fase de gabinete**, consistió en la confección del mapa geológico-estructural y del perfil geológico a escala 1:50,000, con la ayuda del programa *Corel Draw* y *AutoCad*. Además, en el tratamiento estadístico de las estructuras se utilizaron los *softwares* Rock-ware (*Rose* y *Stereo*) y *Angelier*. La interpretación y análisis de la información anteriormente generada, permitió redactar el presente informe.

1.3. LOCALIZACIÓN, EXTENSIÓN VIAS DE ACCESO DEL AREA

1.3.1. Localización y Extensión

El área estudiada se localiza en la parte central de Guatemala, dentro de la Sierra de Chuacús, en los departamentos de Baja Verapaz, El Quiche, Chimaltenango y Guatemala (Fig.1.1), con una extensión aproximada de 500 km^2, enmarcada en las siguientes coordenadas (Tabla 1.1):

VERTICE	COORDENADAS UTM	
	NORTE	ESTE
A	1641100	0742150
B	1659550	0741950
C	1659850	0768850
D	1641100	0769050

Tabla 1.1. Localización del área estudiada en coordenadas UTM (fuente: hoja topográfica del cuadrángulo Granados, escala 1:50000).

1.3.2. Vías de Acceso

Existen cuatro principales vías de acceso. La primera por la ruta nacional N5A, que de la ciudad de Guatemala conduce a San Juan Sacatepequez, de allí se recorren 27 km de carretera asfaltada hasta el sitio Arqueológico Mixco Viejo. La segunda parte de la ciudad de Guatemala por la ruta CA-1 hasta Chimaltenango, de allí se toma la ruta D-1 hacia San Martín Jilotepeque, recorriendo posteriormente 22 km en carretera de terracería por la ruta D-28, hasta la aldea Las Escobas. La tercera, por la carretera centroamericana CA-9 que de la ciudad capital conduce a El Rancho (km 84), donde se toma la CA-14, hasta el kilómetro 132, en el lugar llamado la Cumbre de Santa Elena, se toma la ruta nacional N5, que une a Salamá y Granados. Finalmente, se sale de Granados hacia el municipio de Pachalum (El Quiche). La ultima vía de acceso es la carretera que comunica Joyabaj con Pachalum Fig. 1.2).

CAPITULO

II Marco Geológico Regional

2.1. Ambiente Tectónico

Centroamérica y más particularmente Guatemala, esta controlada tectónicamente por la interacción de las placas de Norte América, Caribe y Cocos. Las posiciones actuales de estas placas son las siguientes: la Placa Caribe esta insertada entre las dos Placas de Norteamérica y Sudamérica. Estas tres placas tienen en su límite Oeste la subducción Este-Pacífico, en esta zona (fosa), la Placa Pacífico (o la placa secundaria de Cocos) subduce bajo las tres placas (Fig. 2.1). Guatemala se localiza al noroeste de la Placa Caribe, constituyendo el límite con la Placa Norteamericana, el cual esta definido por el sistema de Fallas de Polochic-Motagua. Este sistema corresponde a una zona activa de desplazamiento sinestral orientado Este-Oeste, caracterizado por grandes fallas principales: las fallas de Polochic, Motagua, y Jocotán/Chamelecón.

Dengo (1969), dividió a Guatemala en dos bloques tectónicos, denominados Bloque Maya y Bloque Chortís (Fig. 2.1). El Bloque Maya constituye la parte continental del sur de la Placa Norteamericana y comprende la península Yucatán, Belice, Norte de Guatemala, y el sudeste de México. El Bloque Chortís constituye la parte oriental de la Placa Caribe, reagrupando el sur de Guatemala, Honduras, Salvador y una parte del Norte de Nicaragua. Estos dos bloques son separados por la Zona de Sutura de Motagua. Sin embargo algunos autores como Fourcade *et al.,* (1994) han emitido la hipótesis de que la falla Polochic representa el limite entre los bloques Maya y Chortís.

La zona de falla del Motagua (ZFM) y el valle del Motagua definen una sutura a lo largo de la cual bloques corticales con diferentes historias geológicas están ahora unidas. Al norte de esta zona, las altas montañas de la Sierra de Chuacús y Sierra de Las Minas están compuestas de un complejo de rocas metasedimentarias, metavolcánicas y metaintrusivas denominadas Grupo Chuacús. Estas rocas, las cuales representan un arco volcánico antiguo, están entre las mas antiguas de Guatemala y tienen al menos 385 millones de años (Devónico). El bloque de corteza ubicado al sur de la ZFM esta compuesto por el Complejo Las Ovejas y la Filitas San Diego. El complejo las Ovejas representa un arco volcánico metamorfizado y las Filitas San Diego representan depósitos de una amplia plataforma continental. Su edad se atribuye al Pensilvánico-Pérmico. (Schwartz, P., and Donnelly, T., 1978).

Durante el Cretácico/Terciario tuvo lugar una colisión entre las placas actuales de América del Norte y Caribe. Esta colisión esta marcada ahora por la zona de sutura de Motagua, probablemente producto de un movimiento transpresivo, dando origen de la obducción de la corteza oceánica de la Cuenca Proto-Caribe. Los cuerpos ofiolíticos observados en la zona de sutura evidencian la obducción y representan las reliquias de un dominio oceánico Proto-Caribe que se situó, en el Jurásico y el Cretácico, entre los bloques Maya y Chortís.

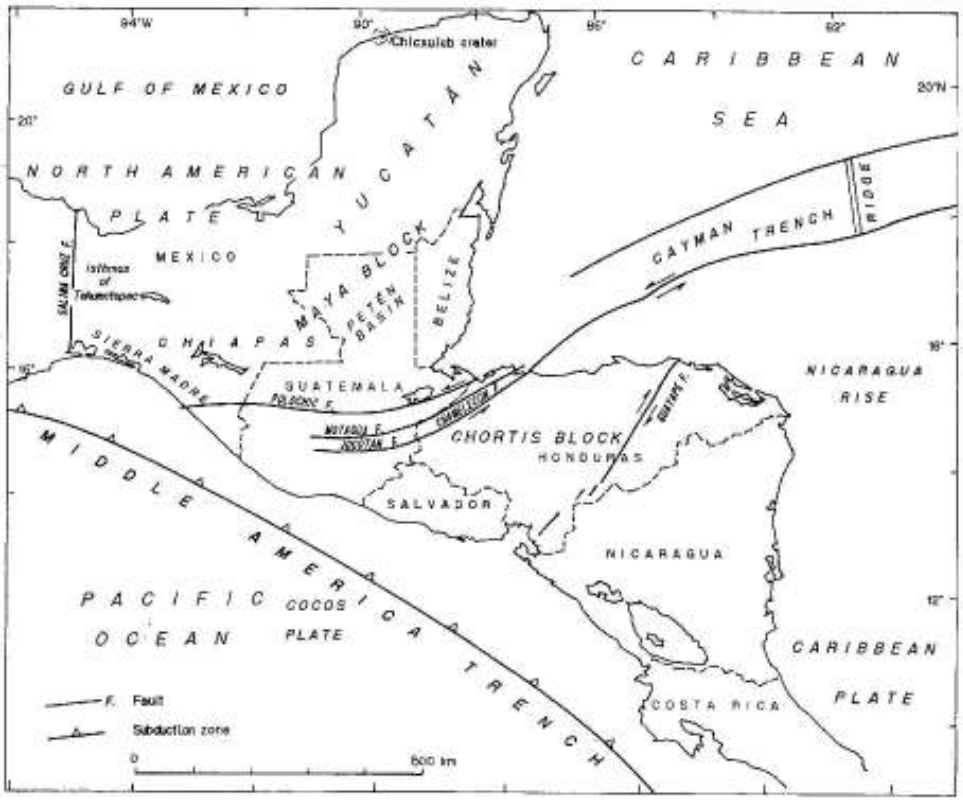

Fig. 2.1. Mapa tectónico esquemático del SE de México y Centroamérica, localizando los Bloques Maya y Chortís (Fourcade *et. al*, 1999).

La edad y los mecanismos de la obducción de las ofiolitas en la zona de falla Polochic-Motagua es todavía muy discutida. El Bloque Maya fue cabalgado por un complejo ofiolítico alóctono durante el Maastrichtiano, mientras que en el Bloque Chortís la obducción ocurrió durante el pre-Santoniano-Campaniano (Fourcade *et al.,* 1994a).

2.2. Estratigrafía

Bloque Maya

En Guatemala el Bloque Maya tiene un basamento metamórfico bien expuesto a lo largo de su límite Sur, en la Cordillera Central de Guatemala (departamento de Baja Verapaz), (Dengo, 1985).

Las rocas más antiguas del Bloque Maya (Grupo Chuacús) consisten de rocas metamórficas Paleozoicas o más antiguas que están cubiertas por rocas sedimentarias del Paleozoico Tardío: (a) Grupo Santa Rosa, cuyo limite superior (Formación Tactic) es Wolfcampiano (Vachard *et al.,* 1997) y (b) Formación Chóchal, que Vachard *et al.,* (1997) determinaron la edad de toda la formación, basándose en fusulínidos y algas como Leonardiana-Roadiana, pero con varios notables diacronismos.

Una importante discontinuidad regional separa los estratos Paleozoicos de las capas rojas de la Formación Todos Santos del Kimmeridgiano al Oxfordiano (Fourcade *et al.,* 1994b), las

cuales están cubiertas por dolomitas y calizas de la Formación Cobán del Aptiano – Santoniano (Fourcade *et al,* 1994b).

Estos depósitos a su vez, están cubiertos por depósitos turbidíticos de la Formación Sepur del Maastrichtiano (Fourcade *et al,.* 1994b). Esta última formación, Michaud *et al,.* (1992) sugieren agruparla con la Formación Chemal porque tienen litologías muy comparables y fácilmente identificables en el campo.

Localmente, durante un corto período de extensión después de la orogenia Laramídica, fueron depositados sedimentos clásticos continentales (Formación Subinal) del Eoceno. En El Petén, los sedimentos del Terciario Tardío incluyen tanto rocas clásticas como Carbonáticas y representan una transgresión marina sobre la mayor parte del Bloque Maya (Donnelly *et al.,* 1990).

Bloque Chortís

El basamento consiste de rocas con facies de anfibolita media a superior, mármoles, esquistos pelíticos, gneises y meta-ígneos, bordeando el límite sur de la Falla del Motagua, denominadas Grupo Las Ovejas (Schwartz y Newcomb, 1973) y Filitas San Diego. Estas unidades están cubiertas por una gruesa secuencia clástica Mesozoica con algunos fósiles Jurásicos (Grupo Honduras). Sobre la secuencia anterior se depositaron carbonatos Cretácicos, que también alcanzan gran espesor y cubren áreas extensas. Las rocas Cenozoicas del Bloque Chortís Consisten principalmente de unidades clásticas continentales (Subinal), una unidad de ignimbrita del Mioceno ampliamente distribuida (Grupo Padre Miguel) y localmente, gruesos depósitos volcánicos Neógenos alrededor de centros volcánicos modernos a lo largo del margen Pacífico (Donnelly *et al.,* 1990).

CAPITULO

III Geologia Local

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capitulo se describen las principales características macroscópicas de la litología, su relación espacial y ordenamiento estratigráfico de carácter local, para cada formación o unidad informal, a la vez que se le da soporte teórico a los conceptos y datos expresados en el mapa geológico.

Los resultados por difracción de rayos X incluidos en este trabajo, fueron el producto de la colaboración del Ing, Marvin García, quien fue el encargado de llevarlas a cabo.

La geología que se presenta a continuación es un trabajo básico. Estudios especializados tales como paleontológicos, palinológicos, sedimentológicos, radiométricos y petrográficos, deben hacerse para resolver numerosas dudas y así tener elementos básicos que ayuden a correlacionar estas rocas.

Los nombres geográficos referidos en el texto pueden localizarse en el mapa topográfico del Cuadrángulo Granados a escala 1:50,000, editadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Cuando se mencionan coordenadas, estos se refieren a UTM; indicando en primer termino el numero correspondiente al Norte, seguido del Este.

3.2. UNIDADES LITOLOGICAS

En el área estudiada se han mapeado y delimitado las siguientes unidades de roca: **Grupo Chuacús**, con sus unidades de Gneis Feldespático, Gneis migmatítico-anfibolita, Gneis cuarzo-feldespático, Esquistos Granatíferos, Gneis cuarzo-feldespático-biotita y Gneis de cuarzo-mica, del Paleozoico inferior o mas antiguas; **Filitas San Diego** del Paleozoico superior**, Grupo El Tambor,** representado por un complejo ofiolítico constituido de peridotitas serpentinizadas, *pillow lavas*, *chert* radiolarico?, lutitas y calizas fosilíferas, las cuales han sido atribuidas tentativamente al Cretácico superior; **Granito Tres Sabanas**, del Cretácico/Terciario, **Formación Subinal** constituida por capas rojas (lutitas, areniscas y conglomerados), que regionalmente se conocen como del Cretácico/Terciario; Depósitos volcánicos del Terciario-Cuaternario; y **Aluviones** y **Coluviones** Cuaternarios.

De acuerdo a los criterios de los autores se describen inicialmente las mas antiguas y luego las recientes. Aunque las rocas que constituyen al Grupo Chuacús, debido a su grado metamórfico de deformación, no obedecen a una descripción de acuerdo al principio de superposición, mas bien, caen en el grupo de las unidades litodémicas[1].

[1] Unidades litodémicas: consisten predominantemente de rocas intrusivas, altamente metamorfizadas, o intensamente deformadas que generalmente no conforman la ley de superposición.

3.2.1. Grupo Chuacús (Paleozoico inferior o mas antiguo)

3.2.1.1. Gneis Feldespático (Pgf)

Esta unidad aflora al NE de la zona, en la carretera que comunica a Ixchel con Agua Caliente y El Chol. Su mejor exposición es sobre el río Pamacal (Foto 3.1).

Esta constituida principalmente de capas feldespáticas y en menor proporción de anfibolitas, cuarcitas y pegmatitas. El espesor de las capas varía desde pocos centímetros hasta 1 metro. Las capas tienen una orientación preferencial al 52/N225.

A las capas feldespáticas macroscópicamente se les observa feldespato, cuarzo y mica blanca, formando una masa de color blanco a rosado, de grano fino y de estructura masiva, donde los minerales tienen una orientación arbitraria. Posiblemente, el color rosado, puede deberse a la presencia de feldespato potásico (ortosa).

Las anfibolitas se observan después del río Agua Tibia, en capas de espesor variable entre 75 cm - 1 metro. Estas rocas son de color verde oscuro y se presenta en bandas constituidas por cristales (0.5 a 4 mm de largo) de hornblenda y plagioclasas, además se observan diseminados pirita o calcopirita.

Las capas de cuarcita se encuentran asociadas a las capas feldespáticas y su espesor regularmente es inferior a los 50 cm.

Algunas pegmatitas simples de cuarzo-feldespato y mica, se encuentran interfoliadas dentro de esta cuerpo rocoso. Su espesor varía entre 75 a 1 metro.

El contacto de la unidad es gradual con la unidad de Gneis Migmatítico-Anfibolita (Pgma).

Foto 3.1. Afloramiento de Gneis feldespático sobre la carretera que de Agua Caliente conduce hacia Ixchel.

3.2.1.2. Gneis Migmatítico-Anfibolita (Pgma)

El gneis migmatítico-anfibolítico aflora en la esquina NE del cuadrángulo y sus mejores exposiciones se encuentran en los ríos Agua Tibia y Agua Caliente.

La unidad la conforman anfibolitas, gneises de cuarzo-mica, esquistos biotíticos, *augen* gneis y granulitas?.

El intervalo de anfibolitas se encuentra inmediatamente en contacto con la unidad anterior, mostrando intercalaciones de capas feldespáticas (Foto 3.2). Las anfibolitas están constituidas por hornblenda, feldespatos, gránulos de granate y diseminados de pirita. Los espesores de las capas de anfibolitas oscilan entre 0.75 a 1.0 metro, masivas, de color verde oscuro. Una muestra obtenida de roca feldespática (coordenadas 1659966-0764599) fue analizada por difracción de rayos X (DRX), dando el siguiente contenido mineralógico: cuarzo, albita, alófana, muscovita, biotita y searlesita (Anexo 1).

Capas de roca donde la cantidad de cuarzo es mayor que la proporción de biotita han sido denominadas gneis cuarzo-mica, de color claro y con pliegues ptigmáticos. Estos cuerpos desarrollan un bandeamiento composicional milimétrico bien definido de cuarzo y mica (Foto. 3.3), con bandas discontinuas de anfibolita, cuarzo y pegmatitas simples. Estos pueden observarse en el río Agua Tibia y en el puente del río Agua Caliente, sobre la carretera de El Chol – Granados. En este mismo sitio aflora el contacto gradual con la unidad de Gneis cuarzo-feldespático (Pgcf).

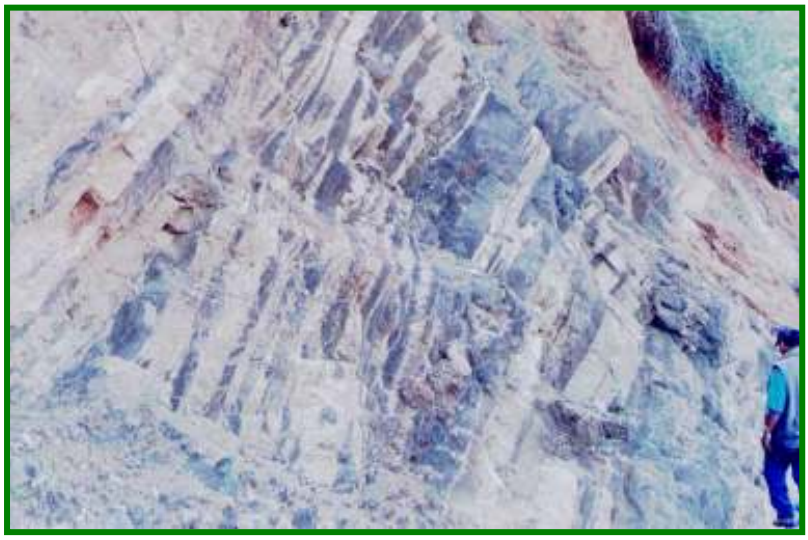

Foto 3.2. Ritmisidad de capas anfibolitas y feldespáticas que afloran en la carretera que conduce de El Chol a Ixchel.

Dentro de la unidad existen esquistos biotíticos, que constituyen bandas con espesores que varían de 5 a 6 metros y de coloración negro-cafés. Los *augen gneis*, tienen cristales de feldespatos de 1 a 2 e incluso de 4.5 centímetros de longitud, levemente deformados y orientados dentro de una matriz de cuarzo y mica. Las granulitas? que se asignan a esta unidad están compuestas de feldespato y cristales de hornblenda, sin orientación de sus componentes. Los cristales son de 0.5 a 1 cm de diámetro.

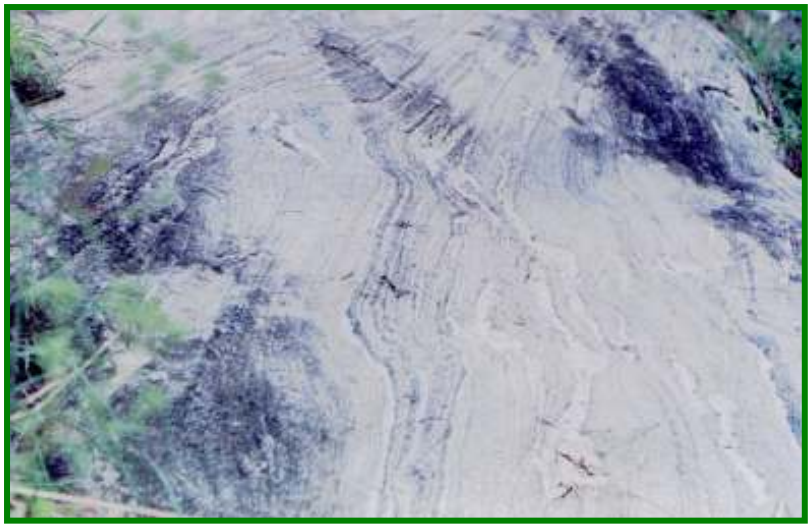

Foto 3.3. Gneis migmatítico de cuarzo-mica, localizado cerca de Agua Caliente, formando parte de la unidad de gneis migmatítico-anfibolita.

Observaciones a nivel de

afloramiento, muestran que las granulitas? están segregadas dentro de las anfibolitas, tales ejemplos se logran visualizar sobre la carretera que comunica a El Chol e Ixchel, donde masas elipsoidales de anfibolita ubicados en la charnela y flancos de pliegues. DRX a una muestra de granulita? obtenida en la quebrada El Aguacate, dio el siguiente resultado mineralógico: cuarzo, albita, magnesiohornblenda y anortoclasa (Anexo 1).

La foliación en la unidad de gneis migmatítico-anfibolita se mantiene regularmente con rumbo NW - SE, con inclinación hacia el SW.

La unidad de gneis migmatítico-anfibolita, puede corresponder a lo que Van Den Boom (1976) denominó zona de biotita de El Chol, que incluye esquistos de biotita-muscovita, esquistos de muscovita-epidota, para-anfibolitas, mármoles y cuarcitas.

Los suelos que se desarrollan sobre esta unidad son de grandes espesores, de textura arcillosa y de color rojizo a amarillento.

Para visualizar mejor la variación y la disposición vertical de las rocas se ha elaborado la tabla 3.1.

Dirección	Carretera Agua Caliente-Ixchel	Carretera El Chol-Ixchel
Norte	**Gneis Migmatitico-Anfibolita (Pgma)**	**Gneis Migmatitico-Anfibolita (Pgma)**
↕	Gneis cuarzo-mica y augen gneis	No afloran, posiblemente mas al Norte
↕	Capas de biotita + rx feldespática	Capas de biotita + rx feldespática
↕	Capas de anfibolitas + rx feldespática	Capas de anfibolitas + rx feldespática
	Unidad de gneis feldespático (Pgf)	**Unidad de gneis feldespático (Pgf)**
Sur	No aflora, debido a plegamiento	Bandas de esquisto muscovítico

Tabla 3.1. Relación generalizada de las distintas unidades en la esquina Noreste del cuadrángulo Granados.

Todas estas rocas descritas hasta ahora, se encuentran plegadas, evidenciando plegamiento superpuestos y altamente fallados por lo que es un poco compleja su disposición y cartografiado en el campo.

3.2.1.3. Gneis cuarzo-feldespato-microclina (Pgcfm)

Esta unidad aflora en la esquina NW y al Norte de Saltan y Granados. Sus mejores exposiciones se encuentran en las carreteras, que comunican a las comunidades de El Chol - Granados, El Oratorio - Agua Caliente, y Caquil - Palibatz.

Macroscópicamente se observa cuarzo, feldespato y mica blanca dispuestas en bandas, conformando un excelente bandeado composicional de 2mm a 1 cm. El tamaño de los granos minerales van de 1mm a 4mm. textura media-gruesa. Análisis por DRX, a una muestra tomada en las coordenadas 1654200-0765300, dio el siguiente resultado mineralógico: cuarzo, alofana, albita, muscovita, biotita y microclina (Anexo 1). La presencia del mineral alófana, se debe a la meteorización de los feldespatos.

Dentro de esta unidad, ocurren cuerpos de roca que en superficie poseen aspecto elipsoidal de textura granoblástica con cristales tabulares de feldespatos de 1 a 3 cm de diámetro, tales

casos son los cuerpos localizados cercanías a Agua Caliente (1655000-07646739) y Chumumus 1654300-0768600 (Foto 3.4).

Foto 3.4. Roca granoblástica localizada en las coordenadas 1655000-0764673.

Muestras obtenidas de estos dos cuerpos y analizados por DRX, dieron para la muestra localizada en Agua Caliente el siguiente resultado: cuarzo, albita, pargasita potásica (tipo de hornblenda), microclina y biotita (Anexo 1). Para la segunda localidad (Chumumus): albita, cuarzo, anortoclasa y biotita (Anexo 1). Los contactos de estas cuerpos es gradual, consistiendo en una paulatina reorientación de los filosilicatos laminares hasta una roca bien foliada, pasando a en ciertas localidades a un gneis de hornblenda y granate.

Machorro, R. (1993) nombra como Gneis de microclina, a un gneis homogéneo de tamaño medio a grueso con pobre bandeamiento composicional ubicado al Oeste del cuadrángulo Granados y sugiere que probablemente represente un intrusivo granítico metamorfizado. Según datos obtenidos por DRX de estos cuerpo en la parte Este del área, podrían posiblemente ser ortogneises por la presencia de microclina, su textura y estructura, además por encontrarse relacionado a la misma unidad.

Otras capas de roca que pueden ser observadas interestratificadas son cuarcitas, esquistos micáceos y esporádicamente capas de anfibolita de 0,70 m de espesor. La distribución de las cuarcitas es aleatoria, en el caso de las capas de esquistos moscovíticos suele ser mas abundante cercana al contacto entre esta unidad y la de Esquistos Granatíferos (Peg). Algunos horizontes dentro de esta secuencia, son constituidos por un arreglo *augen* de porfiroblastos de feldespato de 1 a 2 cm de diámetro.

Dentro de esta unidad se pueden observar pegmatitas metamórficas, que presentan minerales de cuarzo, feldespato y mica o solamente feldespato y cuarzo, que se encuentran cortando la foliación y como rellenos de grietas en *echelon*.

El gneis cuarzo-feldespático esta interestratificada con esquistos granatíferos constituyendo una estructura antiforme, de grandes dimensiones en la esquina noroeste del cuadrángulo.

3.2.1.4 Esquistos Granatíferos (Peg)

Los esquistos granatíferos afloran al Norte del área estudiada y su mejor exposición es en el camino que conduce de Pachalum hacia la aldea Palibatz y en los alrededores de Granados y El Oratorio, formando una faja con dirección noroeste-sureste.

Esta compuesta de una serie de capas con distintos arreglos de esquistos fuertemente crenulados, cuarcitas, mármol, y muy pocas capas de grafito y arcilla. Macroscópicamente se observan granates (hasta 3 cm de diámetro), mica blanca, cuarzo, feldespato, distena y clorita. La presencia de clorita es debido al metamorfismo retrogrado que sufrieron estas rocas durante la colisión de los bloque Maya y Chortís, durante el Cretácico Superior (Sutter, 1979; Donnelly, 1990). También se observan pegmatitas interfoliadas y cortando a los esquistos, al igual que las anteriores unidades.

Las características de este conjunto de rocas que conforman esta unidad varia de localidad en localidad, pero pueden ser buenas capas guías para diferencias esta unidad de otras.

Las cuarcitas son de color amarillentas, de capas bien definidas y sus espesores van de centímetros a 2 metros aproximadamente. Suelen contener laminas de mica blanca dando un aspecto de cuarcita esquistosa o micácea. Estas capas están mas asociadas a capas de grafito.

Las capas de centímetros a 2.5 metros de grafito con mica blanca, de aspecto terroso de color negro a gris oscuro, están interestratificadas con cuarcitas. Estos suelen estar en el extremo Norte de la unidad. Un cuerpo de arcilla de color blanco hueso de 0.75 metros es otro material que puede ser observado sobre la carretera Pachalum y Palibatz, principalmente en la quebrada Tanilar y Suchipup. Este cuerpo tabular, frecuenta exhibir en ambos limites una costra de hematita especular de 1 cm de espesor.

El mármol presenta color blanco a gris, de 1 a 3 metros de espesores, de textura gruesa y en ciertas localidades con cierto contenido de mica blanca. Según las relaciones encontradas pueden existir por lo menos dos cuerpos interestratificados dentro de esta secuencia. Estos pueden observarse en Palibatz, cercanas a la aldea El Oratorio y Granados.

Las capas de cuarcitas, grafito y mármol están ampliamente distribuidas dentro de la unidad de esquistos granatíferos, que pueden ser consideradas excelentes capas guías en esta zona. Además dentro de esta secuencia, existen capas consistentes de esquisto moscovíticos y otros de gneis de cuarzo-feldespato-biotita.

En el contacto entre la anterior unidad y los esquistos granatíferos, existe un cuerpo interestratificado de gneis cuarzo-mica de aproximadamente 200 metros de espesor. Exhibe un bandeado composicional fino con capas de mica biotita alternando con bandas de cuarzo. Gránulos de granates de color rojizo pueden ser observados dentro de este cuerpo que aflora en el río Tanilar y quebrada de Guachipilin. Machorro 1993, nombra a esta cuerpo como esquisto cuarzo-micáceo.

Con el fin de visualizar las variaciones y disposición en el espacio de estas diferentes rocas, se ha elaborado un cuadro general de su arreglo dentro de la unidad (Tabla 3.2).

Dirección	Secuencia del Extremo Oeste (Palibatz)	Secuencia del Extremo Este (El oratorio)
	Contacto gradual con la unidad Pgcfm	Contacto gradual con la unidad Pgcfm
Norte ↓ Sur	Esquisto Granatífero + distena	No aflora
	Gneis cuarzo-mica	No aflora
	Cuarcitas esquistosa o con mica blanca	Cuarcita esquistosa o con mica blanca
	Capa de grafito y arcilla	**Esquisto grafítico y capas de grafito**
	Esquisto muscovítico + cuarcita	Cuarcita
	Esquisto muscovítico	Esquisto Granatífero
	Mármol blanco	**Mármol blanco a gris**
	Esquisto granatífero (3 cm de diámetro)	Esquisto granatífero
	No existe	Capas de anfibolitas
	Esquisto granatífero + esquisto con nódulos de feldespato	Esquisto granatífero y esquisto grafitico
	Esquisto granatífero	Esquisto muscovítico
	Esq. granatífero + Gneis cuarzo-felp-biotita	Esquisto Granatífero
	Mármol blanco	**Mármol blanco**
	Capas de Gneis cuarzo-feldespático-biotita	Esquisto Granatífero
	Esquisto Granatífero y cuarcita	
	No existe o no aflora	Capas de anfibolita con mica blanca
	Contacto con la unidad Gneis cuarzo-feldespático-biotita	Contacto con fallado con peridotitas

Tabla 3.2. Relaciones laterales de la unidad de Esquisto Granatífero, en las localidades de Palibatz y El Oratorio.

Es notoria la ocurrencia de minerales tales como cianita o distena y granate. La distena esta restringida a cierta zona dentro de la secuencia. Su color es azul a verdoso, de cristales tabulares que van de 1 a 4 cm de longitud y pueden encontrarse tanto en los esquistos granatíferos como en cuerpos de cuarzo lechoso interfoliados. Los granates son de color rojizo, de forma dodecaédrica y su tamaño varía desde porfiroblastos (5 cm) a gránulos (2 mm), los cuales son muy comunes dentro de la secuencia y de aquí, el nombre de esta unidad.

En su estudio de la esquina Noroeste, Machorro (1993), clasifica a los granates como de tipo almandino. Análisis químicos realizados por L. Morán (1979), por medio de ensayos por vía húmeda a algunos granates de esta unidad que aflora en los alrededores de El Oratorio, revela la existencia Fe y Al, siendo los constituyentes del almandino de formula química $Al_2Fe_3(SiO_4)$.

En algunos afloramientos algunos granates se encuentran rodeados de mica verde clorita, esto evidencia metamorfismo retrógrado, tal como lo sugieren otros autores tales como McBirney 1963 y Donnelly 1990.

Su disposición en el campo forma parte de una macroestructura antiforme, en la esquina Noroeste y su espesor es muy difícil de cuantificar, ya que existen zonas donde esta exhibe relativamente grandes espesores, al contrario de otras localidades. Posiblemente se deba que

en cierto sitios, están siendo cortados por fallas sinestrales inversas, cambios en el grado de buzamiento o por plegamiento.

Van Den Boom (1971-72), define a esta unidad, como la zona de granate de Palibatz, en la Sierra de Chuacús, siendo un miembro metasedimentario del Grupo Chuacús que incluyendo rocas como esquistos granatíferos-muscovítico, anfibolita granatífera y cuarcitas disténicas.

3.2.1.5 Gneis cuarzo-feldespático-biotita (Pcfb)

Este cuerpo rocoso aflora en las localidades de Sajcuin (Talaxcoc), El Anono, Joya de las Veguitas, Pachalum, los Trapichitos, Los Altos, El Reguero y El Capulin, localizado al Sur del río Motagua, formando una faja con dirección noroeste-sureste. Su mejor exposición y acceso se encuentran en los alrededores de Pachalum.

Esta unidad consiste de un gneis de grano grueso con capas de anfibolita interfoliada. Este muestra una buena interestratificación, debido generalmente a una alternancia de capas ricas milimétricas a centimétricas de espesor de mica biotita y gruesas bandas de cuarzo y feldespato de unos 3 mm a 2 cm de espesor, con gradación entre ellos. El carácter bien estratificado y los ligeros cambios texturales y composicionales frecuentes de capas a capa, sugieren que los gneis fueron originalmente sedimentos clásticos, probablemente grawacas y/o arcosas (Machorro 1993).

El contacto entre este cuerpo y la unidad de esquistos granatíferos esta marcada por una alternancia de estos últimos con los gneis cuarzo-feldespato-biotita, semejante a un secuencia sedimentaria estrato decreciente. En el seno de este gneis, se encuentran capas centimétricas de anfibolitas y el paso de gneis a las anfibolitas es muy gradual; los lechos de gneis se hacen menos importantes y la secuencia admite mas cuerpos tabulares de anfibolita progresivamente cada vez mas, resultando una alternancia de lechos anfibolíticos y gneis cuarzo-feldespato-biotita. Esta anfibolita es de color verdoso, de grano grueso a medio y de 15, 20 y 0.75 metros de espesor aproximadamente.

Una muestra obtenida de este intervalo anfibolítico sobre la carretera a la aldea Los Altos y analizado por DRX, dio el siguiente contenido mineralógicos: omfacita, magnesiohornblenda y albita (anexo 1).

El contacto gradual con la unidad sobreyacente esta marcado por la presencia de un cuerpo de mármol, que puede ser reconocido en los diferentes localidades donde afloran tal unidad.

3.2.1.6. Gneis cuarzo-mica (Pgcm)

Esta unidad engloba una serie de rocas, determinando el contacto con la unidad anterior, la presencia de una capa de mármol que puede ser reconocida y localizada en el campo.

Un cuerpo de mármol de textura gruesa, color blanco a gris y de 50 a 60 metros de espesor, se encuentra interestratificado dentro de esta unidad (Fig. 3.5). Este mármol aflora al Sur de

Sajcuin, los Trapichitos, carretera que conduce de Pachalum a El Cimarron y al sur de la Finca Santa Elena, proyectándose con dirección noroeste-sureste.

Foto 3.5. Capa de mármol que se encuentra dentro de la unidad de gneis cuarzo-feldespato-biotita, aflorando en la carretera Pachalum hacia El Cimarrón.

Machorro 1993, localiza un cuerpo de mármol al Oeste de Pachalum, con las mismas características litológicas; por lo que, para nosotros es el mismo cuerpo carbonático, ya que por la existencia en esa zona de una estructura sinforme, hace repetir tal cuerpo al Sur de la finca Santa Elena y al noreste de la localidad El Capulin

Después del mármol se encuentra rocas de gneis de cuarzo y mica. Estos poseen un bandeado milimétrico constituidos de biotita y cuarzo. Los restantes cambios consisten en la presencia de esquistos muscovíticos con nódulos de feldespatos de 0.5 cm, las cuales forman una foliación anastomosada. Este intervalo metamórfico aflora al Sur de Talaxcoc, Los Trapichitos, al Norte de Saltan y San Diego. El contacto entre esta roca y gneis cuarzo-feldespato-biotita al sur del poblado de Talaxcoc, esta marcado en un aumento paulatino de feldespato hasta hacerse notorio en la unidad subyacente.

Otros variaciones dentro de esta unidad, consisten de esquistos muscovíticos y cuarcitas interestratificadas.

La diferencia existente entre la unidad de gneis cuarzo-feldespático y gneis cuarzo-feldespato-biotita, radica en la presencia del cuarzo de mármol en la segunda, estando ausente en el primero y presencia de abundante mica blanca (muscovita) en el gneis cuarzo-feldespático y mica negra (biotita) en el segundo.

Las variaciones en el arreglo de las distintas capas que conforman esta unidad son notorias, con el fin de visualizar tales variaciones se ha elaborado la siguiente relación espacial generalizada (Tabla 3.3).

Dirección	Orden de secuencia en los alrededores de Talaxcoc.	Orden de la secuencia al Sur de Los Vocancillos	Orden de la secuencia en los alrededores de Pachalum	Orden de la secuencia al Norte de Saltan
Norte				
▲	Gneis Cuarzo-Feldespatos-Biotita	Gneis de Czo-Felp-Biotita y Esquisto Granatífero	Gneis de Czo-Felp-Biotita	Gneis Czo-felp-biotita
		Gneis czo-felp-biotita		
		Capas de cuarcitas	Esquisto grafitico y cuarcita	Capas de cuarcitas
		Capas de anfibolita	Capas de anfibolitas	Gneis Czo-felp-biotita y capas de afibolitas
		Gneis Czo-felp-biotita	Gneis Czo-felp-biotita	
		Esquisto muscovítico con nódulos de feldespato.	No Aflora	
	Gneis Cuarzo-mica	No aflora	Gneis de hornblenda	
	Mármol de textura gruesa	**No aflora**	**Mármol de textura gruesa**	**Mármol de textura gruesa**
	Gneis Cuarzo-mica	Gneis Czo-felp-biotita	Gneis cuarzo-mica	Gneis Czo-felp-biotita
▼		Gneis Cuarzo-mica	No aflora	Gneis Cuarzo-mica
Sur				

Tabla 3.3. Relaciones verticales de las unidades de Gneis Cuarzo-Feldespatos-Biotita y Gneis Cuarzo-mica.

Aspectos correlativos de Grupo Chuacús

En el Oeste de Guatemala, rocas metamórficas similares han sido descritas por Anderson (1969), Kesler, *et. al* (1970), y Dengo, G. (1982). Este mármol que refiere Machorro (1993) y el mapeado en este estudio, puede ser parte de una franja de mármol continuo orientada E-W en la parte central de Guatemala, llamada Mármol Pucal por Kesler y otros (1970), en el occidente de Guatemala.

En el área de Río Hondo de la Sierra de Las Minas, Newcomb (1975, 1977, 1978) mapeo un gneis cuarzo monzonítico caracterizado por una textura cataclástica, considerándolo como el miembro estructural mas inferior del Grupo Chuacús (Formación San Agustín); aparentemente está separado de las filitas sobreyacentes de la Formación Jones y mármoles de la Formación San Lorenzo, por un cabalgamiento de bajo ángulo con buzamiento hacia el Sur. Por otra parte, Roper 1976 al suroeste de Las Minas Oeste, distinguió cuatro tipos de metasedimento con incremento en rango metamórfico: 1) Esquistos moscovítico y cuarcita micácea, 2) esquisto micáceo y gneis con un horizonte carbonático, 3) esquisto y gneis micaceo migmatizado, y 4) gneis de hornblenda.

En el miembro de esquisto y gneis micáceo con un horizonte carbonático, Roper 1976, refiere que el rasgo mas característico de esta formación es la presencia de un horizonte de mármol, que ocurre aproximadamente en la mitad de la secuencia. Esquistos y gneis micáceos ricos ocurren arriba y debajo de la unidad de mármol y parece graduar con esta. Minerales de epidota, calcita y tremolita son minerales característicos importantes en muchas de estas rocas.

Estudios petrográficos realizados sobre estas rocas por Machorro (1993), reporta un ensamble mineralógico de calcita-epidota-cuarzo-muscovita-ortoclasa. Además, como minerales accesorios de las capas aledañas al cuerpo de mármol, se encuentran calcita, esfena, granate y clorita. Tales descripciones se asemejan a los hechos por Roper (1976) al oriente.

Lo cierto es que, no existen dataciones radiométricas para las rocas cristalinas del Oeste y Este de Guatemala, por lo que estas relaciones todavía son inciertas.

El mármol Pucal parece ocupar una posición similar a la de la Formación San Lorenzo al Este, pero los esquistos grafíticos hallados en esta formación no se hallan en el en el Este. El mármol parece correlacionar con otros afloramientos de mármol a través de Guatemala y en México y el patrón de afloramientos sugiere un horizonte único plegado en un sinforme (Kesler et al., 1970).

Pegmatitas

Existe una serie de cuerpos pegmatíticos tabulares que se distribuyen principalmente en toda la zona de estudio, tanto el las rocas metamórficas como en los cuerpos peridotíticos, con espesores que van de centímetros a 6 metros y algunos de 50 m, con un rango en su longitud de 30 a 170 metros. Los mejores afloramiento se encuentran en la carretera que conduce de Pachalum y Palibatz, restringiéndose en la parte norte y a lo largo de la zona de falla del Motagua.

La composición de las pegmatitas consiste de cuarzo, feldespato y mica, por lo que se les clasifica como simples. La disposición de tales pegmatitas entre las unidades, suelen ser principalmente paralelas a la foliación S2 y discordantes, estando la mayoría plegadas. El feldespato es de color blanco a rosado, variando el tamaño de los cristales.

Con respecto al cuarzo en su mayor parte se encuentra en forma masiva, de color blanco lechoso, excepto en algunos donde se pueden encontrar cristalino y formando cristales prismáticos, por ejemplo en las cantera de Pachicaj y las que se ubican al Norte de Llano Grande, en peridotitas.

Otro constituyente principal es la muscovita, la que se encuentra en su mayor parte dentro del cuarzo. En algunas pegmatitas exhiben laminas de mica que oscilan entre 20 a 50 centímetros de tamaño, pero son mas frecuentes los de 8 a 15 centímetros. Alguno cuerpos están constituidos solamente de cuarzo y feldespato.

Algunas pegmatitas se encuentran sonadas, presentando zonas de cuarzo en el centro del cuerpo y feldespato- mica en los bordes. Las zona de aplitas con textura sacaroidea, de grano fino y uniforme, puede definirse en lo bordes de tales cuerpos.

En la unidad de gneis cuarzo-feldespato-biotita que aflora en las cercanías de El Capulin al Sur del río Motagua, se observa un cuerpo discordante de pegmatita, de aproximadamente 1 metro de espesor.

Muchas pegmatitas tienen una orientación al 45/N222 y otras poseen una dirección de N45E, siendo las primeras paralelas a la foliación S2 y las otras perpendiculares respectivamente.

Existe la posibilidad que existan por lo menos dos orígenes de las pegmatitas, una derivado de los sedimentos originales ricos en feldespato, cuarzo y mica, los cuales se encuentran paralelos a la foliación y otro de origen ígneo, solamente que uno mas antiguo y otro mas reciente relacionadas a la orogenia Laramidica, según se describe mas adelante. Los cuerpos pegmatíticos que se consideran mas antiguas, suelen estar plegadas con ejes verticales y su disposición con respecto a la foliación actual, es discordante,

Edad del Grupo Chuacús

La edad del Grupo Chuacús es controversial. Estructuralmente estas rocas subyacen el Grupo Santa Rosa que es pre-Cretácico, y puede ser del Pensilvaniano de acuerdo a McBirney (1963), pero esta edad esta abierto a la duda (Walper, 1960; Clemons y otros, 1974 en Roper (1972). La edad del basamento cristalino ha sido largamente discutido e incluso hoy día a pesar del numero incrementante de dataciones radiométricas, no se ha establecido aun

En este aparta discutiremos algunos aspectos, basados en evidencias de campo y por otra parte nos basaremos en algunos datos radiométricos hechos por otros investigadores sobre este cuerpo metamórfico.

En primer lugar existe una serie de dataciones hechas sobre rocas que se consideraban parte del Grupo Chuacús, pero evidencias y estudios mas detallados han dado nuevos datos.

Van Den Boom (1972), clasifico en zonas de acuerdo al tipo Barrow a la rocas que afloran en los alrededores de Salamá Baja Verapaz, El Chol y Palibatz, clasificándolas como Zona de Clorita-Sericita, Zona de Biotita y Zona de Granate, respectivamente, y que la continuidad de las serie de facies es evidencia de solo un metamorfismo. Observaciones de campo realizadas por nosotros en los alrededores de Salamá, San Miguel Chicaj, San Gabriel y Rabinal, observamos que existe una serie de fallas inversa y de rumbo con dirección E-W, que separan o dividen varios bloques de rocas y en su conjunto crean una falsa continuidad de las zonas metamórficas y un supuesto aumento del metamorfismo hacia el Sur. Por otra parte, cierta porción o casi toda, la zona de clorita-sericita, son rocas de bajo grado metamórfico que aun conservan tanto alguno fósiles (crinoides) como relictos de la textura y estructura sedimentaria de la roca; lo cual, no se da en estas rocas altamente deformadas y metamorfizadas actualmente estudiadas.

Dentro de esta secuencia levemente metamorfizada se encuentra el “Granito Rabinal”, que para nosotros es una arcosa recristalizada (metarcosa), con las siguientes características particulares: 1) el contacto entre la metarcosa y las rocas aledañas es gradual, 2) los mismos

rasgos estructurales encontrados en las rocas locales continúan en la roca recristalizada, 3) cuerpos lenticulares de pizarras dentro del cuerpo que sigue la orientación local, 4) no existen minerales de alto grado metamórfico, 5) no existe aureola de contacto.

Donnelly 1990, dice: Van Den Boom (1972), resumió la Serie Chuacús en el área de Salamá, incluyendo dentro de éste, algunas rocas aquí incluidas con el Grupo Santa Rosa del Paleozoico tardío y que su esquisto clorítico (zona de clorita-sericita) es una lutita Pensilvaniana-Pérmica ligeramente metamorfoseada de la Formación Tactic y que los isogrados metamórficos dentro del propio Chuacús en
este terreno altamente fallado no pueden ser establecidos.

Nosotros creemos que estas rocas deben de ser excluidas del Grupo Chuacús, pero tampoco estamos de acuerdo en incluirlas dentro de la Formación Tactic, por las edades obtenidas de 1075 a 345± 30 Ma de este macizo rocoso a partir de un circón.

La edad muy alta a partir del circón en el Grupo Chuacús, se interpreta como indicativo de que este mineral fue redepositado a partir de un complejo mas antiguo (Grenville) (Gomberg *et al.,* 1968 en Weyl, 1980). Además, Donnelly (1990), con respecto a esto dice, que la primera podría ser la edad de circones heredados y la segunda la edad del magmatismo y emplazamiento.

Una edad del Carbonífero temprano se sugiere tanto para el Granito Rabinal como para el plutón de la Montaña *Pine Ridge* en Belice, aunque se ha asumido en esta ultima, que este granito intruye las rocas sedimentarias del Paleozoico, no existe aureola de contacto.

Creemos que estos dos cuerpos caen en un mismo rango de edad y la ausencia de una aureola de contacto, hacen parecer que se trata de las misma secuencia y que la edad mas joven es la del metamorfismo y no la del magmatismo y emplazamiento tal como lo refiere Donnelly et al 1990.

Según cometarios hechos por Dieter Trapp (comunicación personal), con respecto a los crinoides que nosotros encontramos dentro de esta secuencia, éstos poseen características similares a los crinoides con astejos de tallo llamados pentalumados, fósiles típicos encontrados en la "Formación Quetame" de Colombia de edad Cambro-Ordovícico.

Si la edad datada de 345 ± 20 Ma es la del metamorfismo (Carbonífero Inferior), esto conduce a interpretar que la edad de la roca es mucho mas antigua, entonces cabria la posibilidad de que la secuencia metasedimentaria donde se encuentra tal metarcosa (Granito Rabinal) es de la edad de los fósiles y por lo tanto el Grupo Chuacús es de edad Precámbrica.

Además deja en duda si las rocas de Grupo Chuacús están sobreyacidas directamente por el Grupo Santa Rosa del Paleozoico superior, tal como lo sugieren varios autores.

Las edades datadas para el Grupo Chuacús, se sumarizan en la tabla 3.4.

Referencia	Roca	Método	Edad Ma.
Pushkar 1968	Gneis de biotita-albita	Rb-Sr	386
Bosc, 1963	Biotita	K-Ar	124
Donnelly et al 1990	Hornblenda	Ar/ Ar	238

Tabla 3.4. Dataciones radiométricas hechas sobre las rocas del Grupo Chuacús.

Edad de las Pegmatitas

Datación realizada por McBirney a una pegmatita en los alrededores de El Chol, por el método de Potasio-Argón dio una edad de 66 millones de años.

Edad de los eventos Metamórficos

Edades radiogénicas determinadas a partir de estas rocas por Pushkar (1968), sugieren que estas rocas han sido afectadas por tres eventos metamórficos, que son: 1) 1,075 Ma, 2) 345-386 Ma, y 3) 66 Ma. Además, Donnelly (1990), refiere que otra indicación de evento termal de edad Triásica es la edad de Sutter, de 238 Ma (Ar 39/40 en hornblenda) de una anfibolita dentro de la Sierra de Chuacús.

Fourcade, *et al.,* 1994, datan un mármol con fengitas que afloran en la Sierra de Santa Cruz, cerca de Morazán, sugiriendo una edad convencional incluida dentro de 60 y 52 Ma (Paleocenica), la cual corresponde a la etapa final del metamorfismo y al crecimiento cristalino asociado con este evento.

Algunos cuerpos graníticos que correspondan a estos rangos de edades, se listan en la Tabla 3.5.

Cuerpos Graníticos	Método	Edad Ma	Material	Referencia
Granito Matanzas	Rb/Sr	227	Microclina y plagioclasa	Donnelly 1990
Granito Matanzas	Ar 39/40	161	Biotita	Sutter en Donnelly 1990.
Granito Matanzas	Rb/Sr	250-280	Roca completa	McBirney y Bass, 1969
Tenam-Poxlac	K/Ar	196		Litke 1975, en Donnelly 1990
Valle del Motagua	K/Ar	95 y 104		Ritchie y McDowell
Cerca del Progreso	Ar 39/40	34.7		Sutter, 1984, en Donnelly 1990
Plutón Chiquimula	Ar 39/40	34.9		Sutter, 1984, en Donnelly 1990
Buena Vista (Amates)	Ar 39/40	35.0		Sutter, 1984, en Donnelly 1990

Tabla 3.5. Dataciones radiométricas de los cuerpos intrusivos.

La ocurrencia y desarrollo de clorita observada macroscópicamente en algunas rocas y granates, evidencia metamorfismo retrogrado, ocasionado por la colisión de ambos bloques. Esta deformación fue datada directamente por Sutter (1979), usando técnicas Ar 39/40 en hornblenda, muscovita, y biotita de rocas metamórficas Chuacús con metamorfismo retrogrado. Nueve de trece muestras están datadas entre 66-70 Ma, y otras cuatro varían desde 63 a 78 Ma. Una edad de 66-70 Ma es consistente con la edad bioestratigráficamente determinada para la ofiolita de la Sierra de Santa Cruz, que sobreyace inmediatamente fósiles pelágicos del Campaniano tardío.

Es evidente la idea de que un evento compresivo del Maastrichtiano, halla originado metamorfismo retrogrado y el emplazamiento de la ofiolita, tal como lo sugieren Donnelly *et al.,* 1990, Fourcade et al., 1994.

3.2.2 Filitas San Diego (Psd)

Afloran como una franja con dirección Este-Oeste al Sur del cuadrángulo Granados, formando relieves abruptos. Su contacto es fallado con la Formación Subinal y se encuentran sobreyacidas discordantemente por tobas y depósitos pomáceos.

Macroscópicamente las filitas son de color verde, textura fina a media y superficie sedosa por la presencia de sericita?. Lentes de cuarzo lechoso interestratificados con espesores de 3 a 4 cm son comunes, cuya longitud se interrumpe por la deformación formando *pinch and swell*, acompañados de pliegues asimétricos formando bandas *kink*.

En ciertos sitios suelen ocurrir bandas de 10 metros de espesor de material grafitoso, de color gris a negro. Además pueden encontrarse dentro de la secuencia, cuerpos lenticulares de chert de color rojizo de 40 centímetros de espesor. Por otra parte, existe minerales de pirita diseminadas en ciertos horizontes dentro de esta secuencia.

Dos cuerpos de caliza marmolizada de color gris claro a blanco, de textura fina a media y de varios metros de espesor, que afloran en la finca Santa Teresa Patzuj y San Miguel Pachún, posiblemente se encuentren interestratificados dentro de esta secuencia, pero por la pobre exposición de estos, hace imposible afirmar tal situación.

La foliación desarrollada en estas rocas de bajo grado metamórfico tiene un rumbo N115/40S.

Por sus características y relaciones de campo, estas rocas han sido correlacionadas con las Filitas San Diego, que en la parte Sur del río Motagua se han descrito como una secuencia monótona de filitas cuarzomicáceas y grafíticas y capas delgadas de cuarcita localmente conspicuas; cubos de pirita son comunes y minerales pesados (turmalina amarilla).

A la Formación San Diego se le atribuye una edad Pensilvánico - Pérmico y pertenece bloque Chortís (Schwartz, P., and Donnelly, T., 1978).

3.2.3. Grupo El Tambor (Kt)

El Grupo El Tambor aflora a lo largo del valle del Motagua, formando una franja que se extiende con una dirección E-W y como cuerpos cabalgantes tanto al norte como al sur del río Motagua.

Las rocas que componen este grupo pertenece a un complejo ofiolítico, compuesto por peridotitas serpentinizadas, anfibolitas, *pilow lavas*, chert radialárico?, lutitas y calizas fosilíferas/marmolizadas. Este complejo ofiolítico cabalga sobre el Grupo Chuacús, que

posteriormente ha sido afectado por fallas sinestrales con dirección Este-Oeste, perteneciente al sistema de falla del Motagua.

Por razones cartográficas se ha dividido el complejo ofiolítico en dos subunidades: unidad de peridotitas serpentinizadas y lutitas-calizas.

a) Unidad de Peridotitas Serpentinizadas (Kps)

Se ha nombrado así, a una franja de peridotitas serpentinizadas que se extiende a lo largo del valle del río Motagua y ciertos cuerpos esparcidos cabalgantes, que se localizan a ambos lados del mismo río.

Los afloramientos a lo largo del Motagua forman un acuñamiento hacia el Oeste. Su margen norte esta marcado por una traza de falla E-W y el limite Sur, esta cubierto por rocas volcánicas recientes. Estas rocas, están bastante cizalladas y serpentinizada, desarrollando foliación que varia de orientación en varias localidades. Macroscópicamente, presenta un color verdoso, de textura fina y de aspecto talcoso o sedoso.

Un muestra obtenida dentro de esta cuerpo peridotítico en cercanías del Río Las Margaritas y analizada por DRX, dio el siguiente resultado mineralógico: Albita y Edenita (variedad de hornblenda), (anexo 1).

Dentro de esta unidad pueden encontrarse algunas rocas consistentes en anfibolitas y posiblemente eclogitas.

Es característico observar cuerpos elipsoides masivos de peridotita serpentinizada que se orientan casi Este-Oeste, con cierta imbricación hacia el Sur. Estos cuerpos actualmente están siendo explotados por algunas empresas dedicadas a la industria ornamental. El tamaño de estos varia, pero algunos tienen dimensiones que van de 100 a 300 metros aproximadamente, formando superficialmente montículos sobresalientes a lo largo del valle.

Como cuerpos cabalgantes tenemos tres, uno al Norte del río Motagua, exactamente formando la partes mas altas del Cerro Tuncaj y los otros dos afloran en pequeños cuerpos dispersos que afloran en Las Escobas y en el entronque del río Chicaix y Xequibelyquiej

Las rocas ultramáficas que afloran en el cerro Tuncaj, son rocas de color verdoso de textura fina a media en ocasiones bien masivas a foliadas. Estas incluyen cuerpos de anfibolitas de color verdoso y de textura media a gruesa con minerales rojizos posiblemente granates. Una muestra obtenida de esta zona y analizada por DRX, dio el siguiente contenido mineralógico: magnesiohornblenda, ferroactinolita, albita y cuarzo. Este cuerpo esta cabalgando rocas del Grupo Chuacús y cortada por falla normal con dirección noreste-sureste.

Los suelos desarrollados sobre estas rocas son arcillosos de color rojizo a amarillento y muy potentes.

Los cuerpos al sur del Motagua, son de color verdoso, de textura fina, moderadamente foliada e incluyen algunos cuerpos de filitas verdosas de aspecto sedoso que poseen la misma orientación de las peridotitas serpentinizadas.

La edad de estos cuerpos peridotíticos se resume en la Tabla 3.6.

Referencia	Fósil o Método	Localidad	Roca	Edad
Beccaluva *et al.* 1994	Radiolarios	Sierra Sta Cruz	Cherts	Berriasiano-Albiano
Beccaluva *et a.,l* 1994	Radiolarios	Puente Las Cabezas	Conglomerados	Berriasiano-Albiano
Beccaluva *et al.,.,.,.,.,* 1994	*Nummoloculina heimi Bonet*	Cerro Tipón	Mármol	Albiano-Cenomaniano
Beccaluva et al 1994	Rb-Sr	Sierra de Sta Cruz (Morazán).	Mármol (Phengitas)	60 y 52 Ma (Paleocenica)
Bertrand y Vuagnat, 1980	K-Ar	Ofiolitas de la Zona de Falla del Motagua	Varios (Eclogitas, anfibolitas)	58.5 Ma
Donnelly *et al*., 1990	Radiolarios	Finca El Pilar (Amates Izabal)	Cherts	Hauteriviana-Aptiana
Donnelly *et al*., 1990	microfosiles	Sierra de Santa Cruz	Sedimentos hemipelagicos	Valanginiano-Aptiano, Cenomaniano Temp.
Donnelly *et al*., 1990	Radiolarios	Sierra de Santa Cruz	Chert	Aptiano-Albiano
Donnelly *et al*., 1990	Radiolarios	Sierra de Santa Cruz	Chert (Tzumuy)	Hauteriviano-Aptiano

Tabla 3.6. Dataciones radiométricas del complejo ofiolítico, que aflora en el valle del Motagua, tomando en cuenta criterios paleontológicos y radiométricos.

Beccaluva, *et al*., 1994, describe a estos cuerpos ofiolíticos como boudines entre estructuras subverticales, de la parte alta del valle del Motagua hacia el Oeste y los litotipos principales son peridotitas altamente serpentinizadas, gabros y anfibolitas, presentando tales anfibolitas una afinidad MORB (*mid oceanic rigde basins*). La edad del emplazamiento de las ofiolitas según Fourcade, et al., 1994, fue en el Maastrichtiano.

b) Lutitas y Calizas (Klc)

Se ha asignado con este nombre a un conjunto de rocas que incluyen secuencias de pilow lavas, chert, lutitas y calizas fosilíferas/marmolizadas, cuya mejor exposición es al Sur de San Rafael Las Minas (coordenadas 1648348-0752332) y río Las Minas.

Su contacto con las rocas peridotitas serpentinizadas y capas rojas de la Formación Subinal es fallado.

Las *pillow* lavas están muy meteorizadas, de color verde amarillento, con formas amigdaloides o elipsoidales, de 35 a 48 cm de diámetro. La totalidad de la secuencia de *pillow* lavas posee un espesor de 50 metros aproximadamente.

Sobreyaciendo gradualmente a las rocas anteriores, 30 metros de espesor de capas de chert se interestratifican con lutitas. Macroscópicamente el chert es de color blanco a grisáceo, masivo y de espesores que oscilan entre 1.3 a 3.5 centímetros. Por la ausencia de secciones delgadas, se ignora el posible contenido de radiolarios. Las lutitas son de color café-verdoso, laminadas, con espesores que van de 1 a 2 centímetros.

Finalmente, en el techo de la sección se encuentra una sucesión de lutitas y calizas fosilíferas (algunas marmolizadas) interestratificadas. Las lutitas por lo general son de color gris a cafés amarillento. Las calizas son de textura fina, de color gris oscuro a claro, conteniendo tanto micro como macrofósiles, consistentes de rudistas, gasterópodos y algas calcáreas. Es espesor de los estratos oscila entre 10 a 50 centímetros.

Sobreyaciendo a este intervalo calcáreo, existe una porción de conglomerados oligomictico de clastos deformados muy angulares a subangulares de caliza fosilífera de color gris a crema dentro de una matriz de lodo, semejante a un *debris flow*. La zona de transición entre los estratos subyacentes y este cuerpo conglomerático, esta marcada por una brecha calcárea de clastos milimétricos a centímetros, que gradan a clastos mas grandes, formando una secuencia granocreciente. Este cuerpo se observa en la carretera que comunica Mixco Viejo y Pachalum cerca del kilómetro 67.

Existen dentro de esta secuencia capas de areniscas de grano fino a medio, constituidos principalmente de cuarzo, de estratos que van de 20 a 30 cm, que afloran en la confluencia entre los ríos Las Minas y Motagua.

Microscópicamente se observan una variedad de fósiles (Foto. 3.6 a, b, y c) y su identificación probable es la siguiente: Amphisteginidae (*Sulcoperculina Globosa* y *Sulcoperculina dickersoni*), Orbitoididae (*Orbitoide Apiculata Browni*), Lepidorbitoididae (*Ortocyclina Palmeri*), Pseudorbitodidae y Milliolidae (*Nummoloculina heimi Bonet*). Las primeros cuatro familias y géneros tienen un rango de edad que va desde Campaniano hasta el Maastrichtiano, excepto el ultimo que tiene una edad de Albiano - Cenomaniano.

Otros afloramientos de calizas se encuentran en el río Belejeyá (coordenadas: 1647070-0762740) y al Norte de la quebrada El Espinal, al Sureste del cuadrángulo. Muestras de packestones y wackestones analizadas por el Dr. E. Fourcade (1,999), reporto el siguiente contenido fosilífero: rudistas (Radiolitidos), algas rojas (*Archaeolithothamnium sp*), foraminíferos bentónicos grandes (*Sulcoperculina globosa* y *Orbitocyclammina*), estos últimos de edad Campaniano - Maastrichtiano. Observaciones hechas en la quebrada Belejeya y El Espinal, estas calizas incluyen dentro de ellas, clastos de peridotita y rocas volcánicas de 2mm de diámetro.

Estas rocas pueden ser correlacionables con la parte media - superior de la sección de la Formación Cerro Tipón (Este del área mapeada), cuya edad oscila entre el Campaniano – Maastrichtiano.

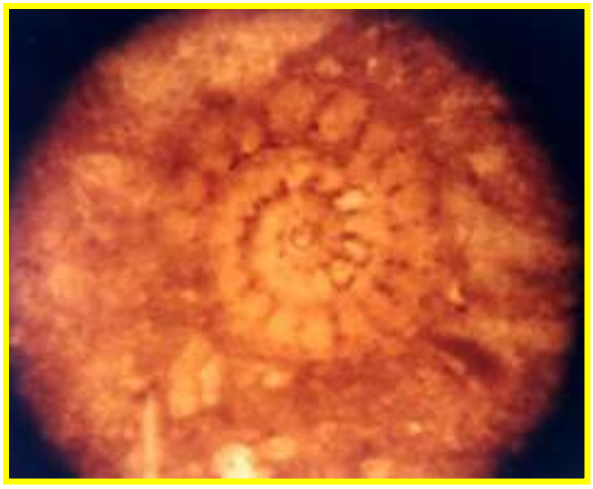

Fig. 3.6 a, b, y c. Foraminíferos encontrados en las calizas asociadas al complejo ofiolítico (definición en el texto).

Existen bloques métricos dispersos de mármol y filitas dentro de esta secuencia cizallada. Los cuerpos de mármol son de color blanco a gris, bien laminados, de textura fina y con capas de 30 cm a 1 metro de espesor aproximadamente. En algunos afloramientos, se observan estos mármoles interestratificados con filitas de color verdoso (Foto 3.7). Los mejores afloramientos de estos se encuentran tanto en la carretera que conduce de Concuá a Estancia de García y San Antonio.

Las filitas son de color verdoso, de textura fina y de aspecto sedoso, que se encuentra en todos los afloramientos bien foliados. Los mejores afloramientos se encuentran en la carretera que comunica Potrero Grande y San José Suchicul y Finca El Jute.

Foto 3.7. Afloramientos de caliza marmolizada con intercalaciones de filitas, cerca de la aldea Concuá.

3.2.4 Granito Tres Sabanas (KTi)

Este cuerpo aflora al SW del cuadrángulo, al Sur de Chipastor, en los cerros Las Rosas y Chusec. Asimismo, en el riachuelo Nahuarron, se extiende superficialmente 3 kilómetros cuadrados, formando relieves abruptos.

El granito macroscópicamente es de color blanco amarillento, con cuarzo, feldespato, biotita y moscovita. Exhibe una textura fanerítica, con tamaño de grano que va de medio a grueso, sin arreglo interno. En la mayor parte de los afloramientos, esta roca se encuentra altamente meteorizada, lo que da origen a suelos arcillosos color café y rojizo claro.

La relación con la Filitas San Diego no es muy clara en esta zona, posiblemente su contacto sea intrusivo, pero por las pobres exposiciones, deja en duda tal relación.

Este cuerpo granítico se correlaciono con el Granito Tres Sabanas (Plutón San Pedro Ayampuc), que se encuentra en la Aldea Tres Sabanas, al noroeste de Chinautla. Datación radiométrica por el método K-Ar en biotita, dio una edad de 91 Ma (Ritchie, A., 1975).

3.2.5. Formación Subinal (KTs)

Las rocas de la Formación Subinal afloran al Sur del área en el valle del río Motagua, principalmente sobre las carretera Concuá a Estancia Grande, El Tablón y Cerro las Burras.

La formación esta constituida por conglomerados, areniscas, lutitas y calizas, con una características coloración rojiza. Los contactos inferior y superior de esta unidad son discordantes, con el Grupo El Tambor y los depósitos volcánicos, respectivamente.

Los conglomerados van de polimícticos a monomícticos de colores verdosos, gris a rojizo. Los primeros están compuestos por clastos de cuarzo, caliza (con fósiles), peridotita serpentinizada, esquistos granatíferos, gneis, anfibolitas, con diámetros variables desde 5 hasta 30 cm, con una fabrica clastosoportada. Estos se encuentran pobremente clasificados y van de angulares a sub-angulares que en su conjunto forman un arreglo granodecreciente, tal como se observan en la quebrada Cidral, Las Lomas y Cerro Las Burras. Los conglomerados monomícticos clastosoportados están constituidos por clastos de peridotitas serpentinizadas, con diámetros hasta de 10cm, subredondeados dentro de una matriz color café a rojiza

Existen areniscas masivas, compuestas de cuarzo y líticos de grano fino a medio y moderada a pobremente clasificadas; otras presentan un alto contenido de micas. Los contactos basales son abruptos y planares. Los espesores de capa oscilan entre 20 a 45 cm. Algunas capas exhiben gradación normal.

Las lutitas rojas o violáceas-verdosas de grano fino a muy fino, son las litofacies mas comunes en la unidad, exhibiendo estratificación centimétrica (10 a 50), laminación planar y *ripples*. En esta porción fina, suelen encontrarse capas centimétricas de caliza color amarillento a grisáceo.

Existe un cuerpo de caliza levemente recristalizada, de textura fina, color gris con nódulos de *chert* y horizontes brechosos, que afloran en el cerro Quichumil.

3.2.6. Unidad de Rocas Volcánicas (QTv)

Con este nombre se ha agrupado una serie de materiales volcánicos extrusivos que afloran como cuerpos continuos y dispersos en todo el cuadrángulo Granados.

Las rocas atribuidas a esta unidad son flujos basalticos-andesiticos, tobas y cenizas volcánicas de posible edad Terciario - Cuaternario. Todas esta rocas se encuentran rellenando el relieve topográfico y dispuestas en forma horizontal, cubriendo discordantemente a las unidades anteriores.

Las capas basalticas-andesiticas afloran al NE de la Finca San Antonio y en menor proporción hacia el noroeste de la Finca El Chocolate, en la esquina suroeste del cuadrángulo. Su distribución es muy irregular, formando cuerpos dispersos. Estas rocas son de color gris oscuro a claro, de una textura afanítica, encontrándose en algunos afloramientos cristales de plagioclasa dentro de una matriz de grano muy fino y con vacuolas formadas por el escape de los gases. Algunas de estas vacuolas están rellenadas por calcita y zeolitas.

Existe una variedad de tobas, tales como biotíticas, vitriocristalinas, silicificadas, y líticas. La toba biotítica, macroscópicamente presenta cristales hexagonales de biotita, segmentados en un matriz de material piroclástico que presenta tonalidades blanquecinas, de grano fino a medio. Por otra parte, la toba vitriocristalina se encuentra compacta y entre los minerales observados esta cuarzo, feldespato y biotita sin una orientación preferencial y dentro de una matriz fina de color café a verdoso.

La toba silicificada, es compacta y de gran dureza, puede corresponder a cierto efecto de fluidos hidrotermales que ascendieron a través de fallas, ya que se encuentran a lo largo de las traza de fallas locales que cortan estos depósitos.

Depósitos pomáceos inconsolidados de color blanco a rozado se encuentran cubriendo algunas zonas. Estos incluyen clastos de pómez de diferentes diámetros. Donde estos depósitos se encuentran meteorizado, se desarrollan suelos útiles para la agricultura.

3.2.7. Aluviones y Coluviones (Qac)

Los aluviones están restringidos a los bordes de las quebradas y ríos, constituidos por partículas centimétricas a métricas de los distintos tipos de roca que afloran en el área. Su disposición es forma horizontal, constituyendo terrazas útiles para la agricultura. Los mas grandes depósitos de este tipo se encuentran en los ríos Motagua, Saltan, Pixcaya, Belejeya y Agua Caliente.

Los coluviones se observan en varias zonas, ocupando dimensiones variables. El de mayor dimensión (8km2) se localiza en las aldeas Pachojob y El Rodeo. Esta constituido por bloques métricos y decamétricos de peridotitas y rocas metamórficas que se encuentran dentro de una matriz areno-arcillosa de color rojizo a amarillento. Por sus dimensiones y constitución, se asume que proviene de un evento catastrófico ocurrido en el área. Por su forma y disposición este, pertenece a un antiguo deslave o deslizamiento tipo *debris flow*, que posiblemente obstaculizó el cauce del río Saltan, al momento de ocurrir.

CAPITULO

IV Geología Estructural

4.1 INTRODUCCION

En esta sección se estudian los rasgos estructurales de origen tectónico del cuadrángulo Granados, localizada en la Zona de Falla del Motagua, que es el rasgo mayor que se encuentra en Guatemala y considerada como limite transformante entre las Placas de Norte América y Caribe.

El tratamiento estadístico de las estructuras y el análisis de cada una, se ha optado por presentar la proyección estereográfica y diagrama de rosetas, con el propósito de que ayuden a comprender y visualizar las relaciones entre estructuras. Para lo cual se utilizaron los programas *Rose, Stereo* y *Angelier*.

Los rasgos geológicos fueron trazados e identificados usando criterios clásicos, tomando en cuenta criterios geomorfológicos, fotogeológicos y de tectoglifos a nivel de afloramiento. Los elementos estructurales principales son foliación, pliegues, lineaciones, fallas inversas, fallas de rumbo y diaclasas.

4.2. FOLIACIONES

La foliación es formada durante la deformación de la roca, cuando los granos minerales de filosilicatos visibles y segregación de mineral en bandas paralelas desarrollan un orientación preferida, ya sea por rotación de los granos o por recristalización. El tipo de foliación tectónica desarrollado en una roca depende fuertemente sobre las condiciones de deformación (temperatura, presión confinada, cambios diferenciales de esfuerzo y deformación) y sobre su composición.

Las foliaciones desarrolladas en las rocas que afloran en el sitio de estudio pertenecen a la pizarrosa, crenulada, esquistosa y de plano axial.

La presencia de una foliación S1, es desarrollada tanto en filitas del complejo ofiolítico y las filitas San Diego. En el caso de las primeras, no tienen una orientación preferencial, pero las segundas tienen una orientación de N208/31SW, formando una estructura monoclinal (Fig. 4.1).

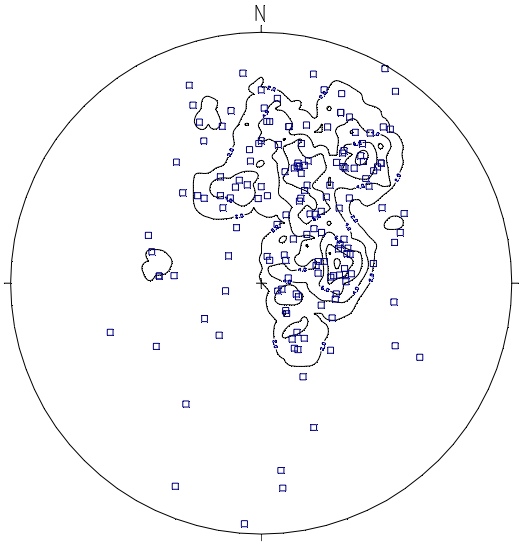

Fig. 4.1 Estereograma de polos de la foliación de Filitas San Diego (n = 154).

4.2.1. Foliación de plano-axial

Este tipo de foliación es el elemento estructural mas desarrollado en el área, que se ve reflejado por la segregación de feldespatos y cuarzo de 2 cm de espesor, paralelamente con bandas milimétricas a centimétricas de micas, que se encuentran orientados paralelos al plano axial de los pliegues (P_2). En los gneis y esquistos la foliación S2, tiene una orientación promedio de 45/N207, esto es debido a la existencia de un plegamiento regional, con vergencia hacia el NE (Fig. 4.2).

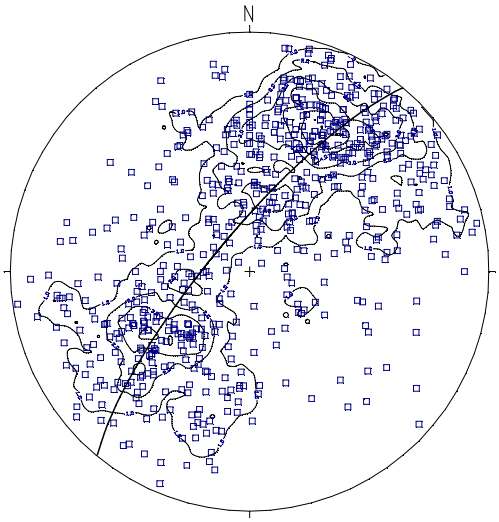

Figura 4.2. Estereograma que muestra la disposición de los polos de planos S2, en las rocas metamórficas del Grupo Chuacús (n = 628).

4.3. Pliegues

Estas estructuras del dominio dúctil se desarrollan en distintas formas y tamaños, logrando diferenciar los siguientes tipos principales.

a) Pliegue volcado: esta megaestructura esta mejor expuesta en la esquina NW del cuadrángulo, y es mejor definido como un pliegue con inmersión inclinado, con una vergencia hacia el NE (plano axial de 45/N220), la foliación de ambos flancos es 58/N204 y el promedio de la inmersión de su eje es 33/N136.

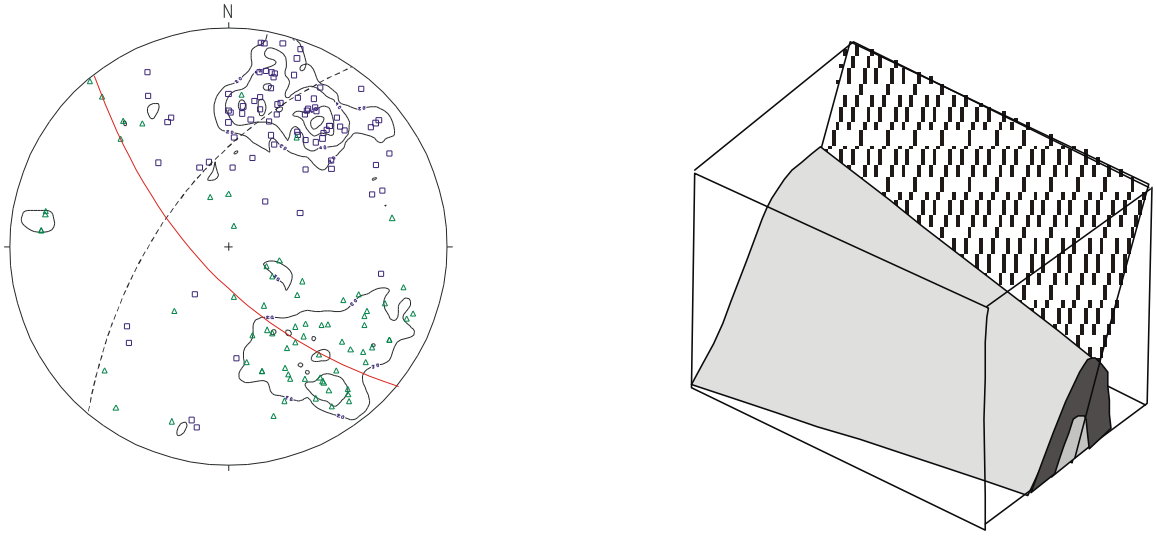

Fig. 4.3. A: estereograma de polos de foliación y ejes de micropliegues, en el pliegue volcado alrededor de Pachalum-Palibatz (n = 150; cuadros: foliaciones; triángulos: ejes de pliegues; las líneas representan la guirnalda que más se ajusta, tanto a los polos de foliación (punteda) como para los ejes de pliegues). B: esquema 3D de la estructura representada en A.

b) **Pliegues normales:** estos pliegues afloran al W del cuadrángulo y según la disposición de las foliaciones forman un antiforme y sinforme, con una orientación de sus ejes 19/N125 (Fig. 4.4).

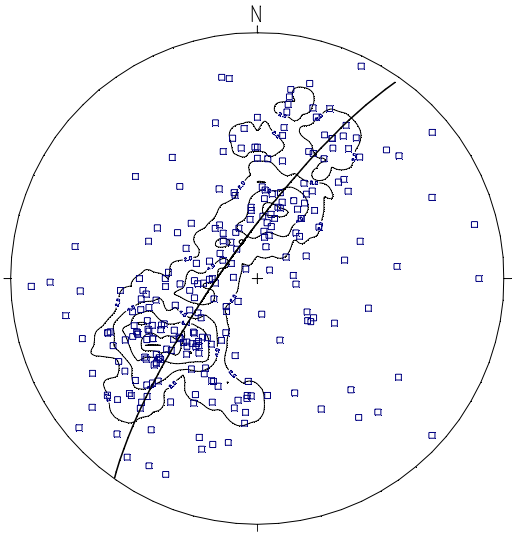

Fig. 4.4. Estereograma mostrando polos de foliación y definiendo el plegamiento al W del cuadrángulo Granados.

c) **Pliegues recumbentes:** estos pliegues de dimensiones métricas se desarrollan en la unidad de gneis migmatítico-anfibolita y gneis feldespático, poseen ejes orientados al 50/226 y vergencia hacia el Noroeste, (Foto 4.1).

Foto 4.1. Pliegue recumbente que aflora en la carretera que conduce de Agua Caliente a Ixchel.

d) **Pliegues chevrón:** la secuencia de filitas grafíticas de la Formación San Diego muestra el desarrollo de micropliegues tipo chevrón, variando de 10 a 50 centímetros. La orientación de los planos axiales de los pliegues es 60/N230, con vergencia hacia el NE, y una orientación de sus ejes que varía entre 31/N230 y 61/N300, siendo esta ultima la mas desarrollada. La dirección de los planos de crenulación que desarrollan ambos pliegues, definen un rumbo de N25E y S50E, respectivamente.

e) **Pliegues asimétricos parásitos:** la morfología de estos pliegues parásitos es en S, Z y M, de dimensiones centimétricas a métricas, están bien desarrollados en toda la zona metamórfica, principalmente cerca de la quebrada Tanilar, dentro la unidad de esquistos granatíferos (Foto 4.2 a y b). La mayoría posee una sola dirección de inclinación de su planos axiales, por lo que, la vergencia de estos es hacia el NE, formando parte de los pliegues volcados.

Foto. 4.2. a) Pliegue ¨S¨ (izquierda) y b) pliegue ¨M¨ (arriba).

4.4. Lineaciones

Se han medido estructuras lineales de varios tipos: ejes de pliegues, boudines, *rods* (varillas), estrías, y lineación mineral (micas, cloritas, hornblenda y nódulos de feldespatos). Existen tres direcciones de ejes de pliegues y en orden de abundancia son:

- ✓ 35/N143 (Fig. 4.5 a)
- ✓ 41/N232 y (Fig. 4.5 b)
- ✓ 23/N300

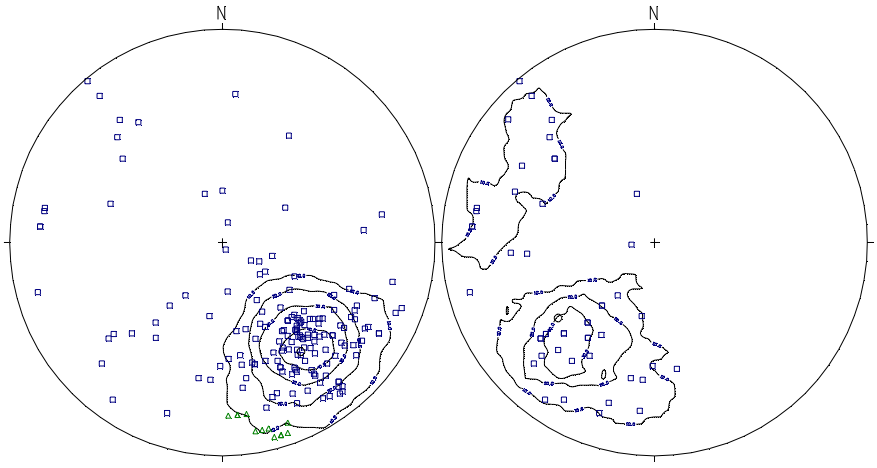

Fig. 4.5. Estereogramas que muestran las lineaciones de ejes de micropliegues (n = 228 y 48). A) izquierda y b) derecha.

La lineación de minerales desarrollan dos orientaciones bien definidas, una de 35/N143 siendo la mas común y 40/N230, que su desarrollo se restringe a ciertas zonas.

4.5. Fallas y Zonas de Cizalla

4.5.1. Fallas[2]

La mayoría de las fallas están bien definidas y pueden ser trazadas con facilidad en el campo en cualquier lugar donde hayan exposiciones adecuadas de rocas contrastantes, excepto en la parte Oeste del área.

El fallamiento juega un rol importante en la estructura del área mapeada, donde la zona de Falla del Motagua es el rasgo dominante, que forma una depresión y alineamiento topográficos E-W muy relevantes (Foto 4.3) , siendo considerado como el límite entre los bloques Maya y Chortís, pertenecientes a las placas Norteamericana y Caribeña, respectivamente.

Foto 4.3. Expresión topográfica de la ZFM en las cercanías de la aldea Saltán.

Las fallas mapeadas se clasificaron como de rumbo (sinestrales y dextrales), inversas y normales, que controlan los contactos y distribución de los distintos bloques litológicos en el área.

Las fallas de rumbo (Fig. 4.6, 4,7 y 4,8) sinestrales son las que se encuentran bien desarrolladas y poseen una orientación de sus planos E-W. A menudo estas fallas ponen en contacto a las rocas del Grupo Chuacús con las ofiolitas del valle del Motagua.

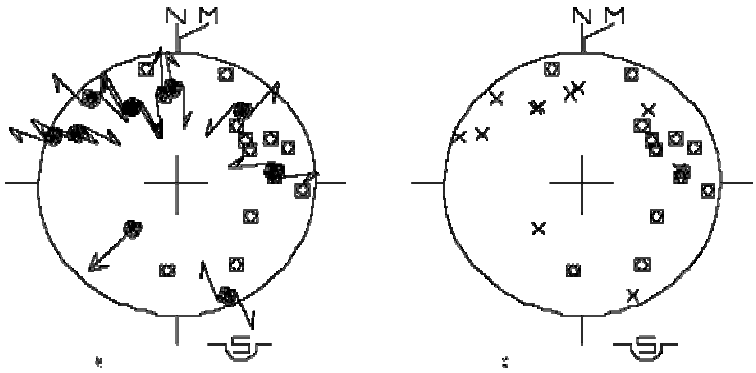

Fig. 4.6. Fallas de rumbo sinestrales y dextrales, mostrando sus estrías y polos respectivos, en las localidades de Chipastor, Concuá y el Tablón.

[2] Una falla es una discontinuidad plana entre bloques de roca que se han desplazado uno con respecto a otro en una dirección paralela a la discontinuidad.

Fig. 4.7. Fallas de rumbo (sinestrales y dextrales) en los alrededores de Concúa.

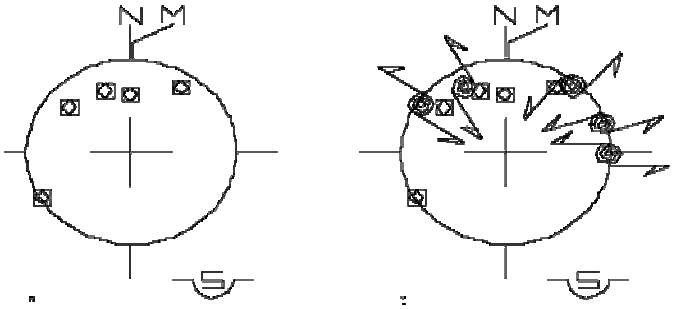

Fig. 4.8. Fallas de rumbo (sinestrales y dextrales) en los alrededores de El Tablón.

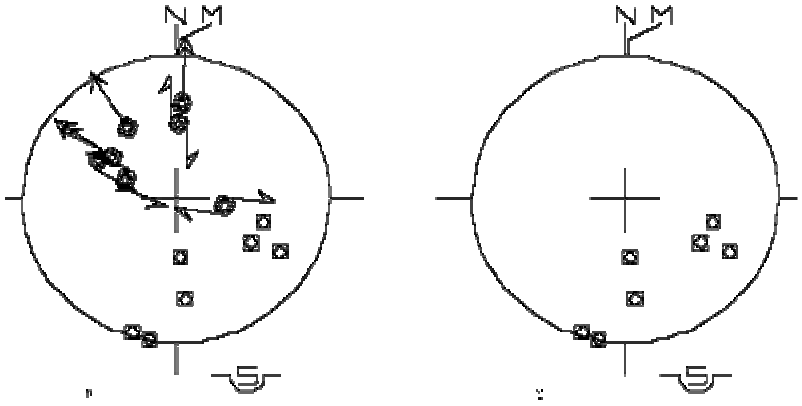

Fig. 4.9. Fallas de normales rumbo (sinestrales y dextrales) en los alrededores de Chipastor, sobre las tobas.

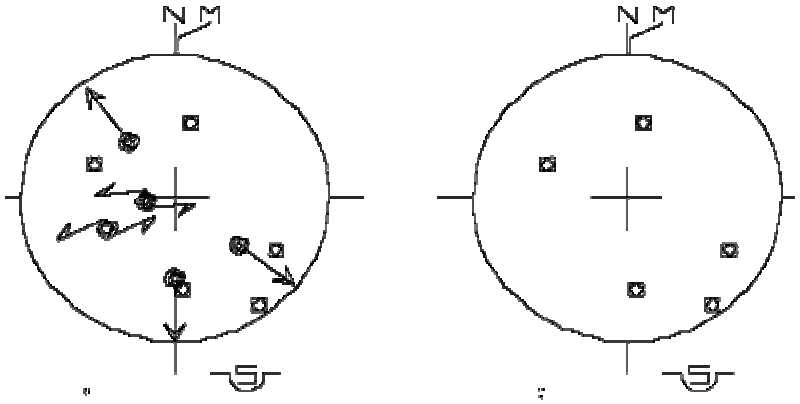

Fig. 4.10. Fallas normales en el área de Concuá, sobre peridotitas serpentinizadas.

Los planos de las fallas normales (Fig. 4,9 y 4,10) poseen direcciones que varían entre N35-45E. Estas son las que cortan a las rocas metamórficas y ofiolitas en las localidades de Concuá, Ixchel, Plan de Manzo, y a las tobas en Chipastor. Otras fallas normales, observadas

en depósitos aluvionales cerca de Pachalum, poseen dos orientaciones: 60/N145 y 70/N326, formando planos conjugados, algunas evidenciando desarrollo sinsedimentario.

Fallas inversas suelen tener una orientación de 50/N200, con componente sinestral. Fallas de tipo cabalgamiento son los que limitan a las ofiolitas, tanto los que afloran en el Cerro Tuncaj como al SW del área. Otra evidencia de cabalgamiento es la relación calizas y peridotitas en el cerro Quichumil.

4.5.2. Zona de Cizalla[3]

Existen evidencias de cizallamiento a nivel de afloramiento y regionalmente, correspondiente a la zona de falla del Motagua, con orientación E-W.

A nivel de afloramientos, los alineamientos *en échelon* de las fracturas de tensión formadas de cuarzo dentro del cinturón metamórfico, corresponden a zonas deformadas por efecto de un esfuerzo de cizalla. El tamaño de estas, va de centímetros a pocos metros. La forma de estas estructuras son en S con planos de cizalla orientados al 80/N320 evidenciando un movimiento relativo sinestral. Existen otros cuerpos de cuarzo lechoso, cuarcita y algunas pegmatitas de cuarzo-feldespato que posiblemente se encontraban perpendicular a la foliación y que han sufrido rotación interna a lo largo de la foliación S2.

A nivel regional, tenemos la zona de cizalla del Motagua, consistiendo en una serie de fallas paralelas de movimiento sinestral con dirección E-W, que limita la continuidad de las rocas metamórficas del Grupo Chuacús al Norte como las Filitas San Diego, al Sur. A pesar de que el cizallamiento pueda afectar amplios intervalos en ambos lados, los contactos de dichas zonas pueden ser establecidos a groso modo con un ancho de 9 a 10 kilómetro aproximadamente.

Estas formas de *échelon* "S" son compatibles con la zona de cizalla sinestral (*strike slip*) del sistema de falla del Motagua. Estos pueden obedecer a cizallamientos secundarios según plano de fracturas de tipo Riedel y otras familias de planos "P", que pueden cizallar las anteriores. Evidencias de que esta zona de cizalla se encuentra activa, se observa en el fallamiento de tipos sinestral que presentan las rocas volcánicas recientes e incluso en aluviones.

4.6. Diaclasas

Estas estructuras son persistentes en todas las unidades y en muchas ocasiones se encuentran relacionadas al fallamiento que afecta al área. El patrón generalizado de fracturamiento muestra dos tendencias bien definidas: N10W y N45E, y un patrón subordinado orientado N70W (Fig.4.7).

[3] Una zona de cizalla, es una zona a través de la cual se han desplazado bloques de roca mediante un enjambre de fallas paralelas con un gran numero de superficies de falla muy próximas entre si y ramificadas, siendo regiones de deformación dúctil localizada.

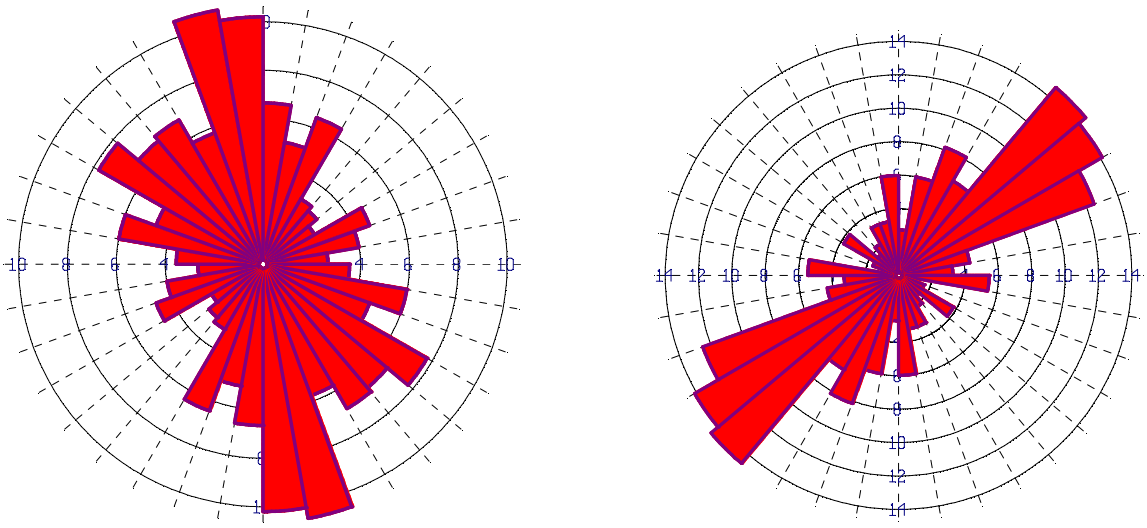

Figura 4.7. Rosetas que muestran los rumbos de los planos de diaclasas en el cuadrángulo de Granados (n = 451 y n = 185).

CAPITULO

V Geología Económica

Los minerales que predominan en la región son de tipo no metálicos y algunos metálicos, así como algunas rocas con características físicas aptas para ser utilizadas en la industria ornamental y construcción.

El fin de este apartado, no es el análisis e interpretación de los datos, sino que únicamente contribuir con el aporte de datos de los depósitos minerales de la zona para que sirvan de conocimiento a futuras investigaciones mineras mas detalladas en la región.

Roberts e Irving (1,957), realizaron un estudio de los depósitos minerales de Centroamérica, y dentro de ellos se mencionan los depósitos minerales de Guatemala, particularmente los del cuadrángulo Granados. Así, se mencionan depósitos de mica (Agua Caliente, Pachalum, Palibatz, Talaxcoc, Los Tablones y Saltán) cuarzo y feldespato, provenientes de las pegmatitas.

5.1. PEGMATITAS

Los constituyentes principales de las pegmatitas son el cuarzo, feldespato y mica. El feldespato es de color blanco a rosado, y es el principal constituyente e importancia en la industria. La mica muscovita, en varios cuerpos pegmatíticos forman laminas o planchas de 10 -20 -30 hasta 50 centímetros de tamaño. Estas masas tabulares, se encuentran distribuidas principalmente en la unidad de esquistos granatíferos, gneis cuarzo-feldespato-biotita y peridotitas serpentinizadas, teniendo un espesor que va de pocos centímetros a varios metros.

El feldespato puede utilizarse en la fabricación de porcelana y fundido sirve para elaborar la mayor parte de los esmaltes para pintar sobre porcelana, loza, tejas y en pequeñas cantidades en la fabricación de vidrios por su contenido de alúmina para el horno. La mica (muscovita) como un material aislante en la fabricación de aparatos eléctricos y como aislante del calor. Actualmente existen algunas canteras en donde se explota el feldespato para la industria cerámica (Incesa Standard) como las de Pachicaj (Foto 5.1a) y Suchicul (Foto 5.1b).

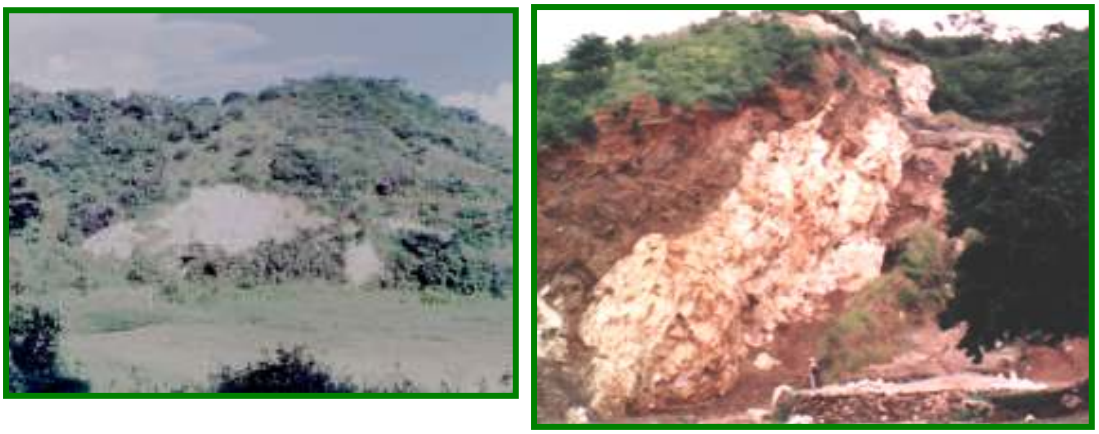

Foto 5.1. Canteras de explotación de feldespato en Pachicaj (a) y en Suchicul (b).

Sin embargo, existen otras pegmatitas que aún permanecen sin explotación, pero que reúnen similares características a las que están siendo explotadas.

5.2. Granates

Cristales dodecaédricos de granates de color rojo, tipo almandino se encuentran principalmente en la unidad de esquistos granatíferos, en los alrededores de la aldea Palibatz. Su diámetro oscila entre 0.5 – 4 cm. Los niveles superiores de estos afloramientos, presentan un avanzado grado de meteorización, sin embargo, al quitar esta capa superficial alterada, podrán encontrarse granates sanos, que pueden tener utilidad en la industria. El uso de los granates en otros países, ha sido como abrasivos por su gran dureza, incluso para hacer papel abrasivo y algunos son utilizados como gemas.

5.3. Manganeso (rodocrosita?)

Ocurren como cuerpos de manganeso de forma elongada dentro de las filitas del complejo ofiolítico, que aflora en el valle de Motagua. Estos depósitos pueden encontrarse en la carretera que comunica a Potrero Grande y San José Suchicul. Las descripciones macroscópicas de las muestras permiten sugerir que se trata del mineral rodocrosita y pirolusita. El origen de estos minerales puede estar ligado a su deposición como nódulos sobre rocas del fondo oceánico, tomando en cuenta que la roca caja pertenece al complejo ofiolítico El Tambor.

El empleo principal del manganeso junto con el hierro es en la fabricación de ferromanganeso, usados en la fabricación de acero. El manganeso se emplea también como material colorante en ladrillos, cerámica y vidrio.

5.4. Grafito

El grafito se encuentra como cuerpos tabulares de 0.5 a 1 metro de espesor, interfoliado con cuarcitas dentro de la unidad de esquistos granatíferos, que afloran en Palibatz (Foto 5.2) y El Oratorio. Análisis de pureza por métodos sencillos, hechos por L. Moran (1979) de algunos cuerpos de grafito que afloran en los alrededores de El Oratorio, dieron una pureza de 31.82 %, e impurezas de mica, cuarzo y hematita. El empleo del grafito es en la fabricación de crisoles refractarios para las industrias del acero, latón y bronce. Además mezclado con arcilla fina, forma la "mina" de los lápices y fabricación de pinturas.

Foto. 5.2. Afloramiento de grafito en las cercanías de la Quebrada El Tanilar, Palibatz.

5.5. Rutilo e Ilmenita

Estos minerales metálicos se encuentran entre diques de cuarzo en las unidades de Esquisto granatífero y gneis cuarzo-feldespático-biotita. Es común encontrarlos en forma masiva y algunas veces cristalinos. Se encuentran dispersos en los alrededores de Pachalum, Palibatz, El Oratorio y Finca El Naranjo.

La utilización de estos minerales es como fuente de titanio y se emplean como revestimiento de varillas de soldadura, también para dar color amarillo a la porcelana.

5.6. Cianita o Distena

La cianita generalmente forma cristales tabulares, largos, asociados con cuarzo dentro de la unidad de esquistos granatíferos. Los mejores afloramientos están en los alrededores de Palibatz y Quebrada El Anono.

La utilidad de la cianita es para producir porcelana refractaria de gran calidad.

5.7. Cuarzo y cuarcita

El cuarzo lechoso es un componente principal de las pegmatitas, así como cuerpos tabulares discordantes y concordantes en las unidades de gneis migmatítico y gneis cuarzo-feldespático. Este mineral es la base de la fabricación del vidrio y utilizado en los procesos de fundición para hacer mas fluidas las escorias.

Además las variedades de cuarzo, tales como: cuarzo citrino, cristal de roca, ahumado, rosado y cuarzo pracio pueden ser utilizados como minerales ornamentales o abrasivos.

La cuarcita es una roca formada esencialmente de cuarzo, derivada de una arenisca por intenso metamorfismo. Su máximo desarrollo es en la unidad de esquistos granatíferos. También es utilizada en la fabricación de vidrio.

5.8. Otros Minerales

Según Lemus C. y Morán L. (1979) en los alrededores de la Finca El Naranjo y El Oratorio existen minerales tales como apatito (variedad cloroapatito), magnetita, biotita, diálaga, silimanita, turmalina (variedad verdelita) y la amazonita, una variedad de feldespato rica en rubidio.

El apatito se ha usado en gran escala como fertilizante, por el fósforo que contiene. La biotita, por su contenido de potasio tiene importancia para la fertilidad del suelo.

5.9. Rocas Ornamentales

Existen muchas rocas que por sus características litológicas, pueden ser empleadas en la industria ornamental, tal es el caso de peridotitas serpentinizadas, mármol y gneis cuarzo mica.

5.9.1. Peridotitas Serpentinizadas

Cuerpos elipsoidales o bloques de varios metros que se encuentran distribuidos dentro la unidad de peridotitas serpentinizadas del Grupo El Tambor, poseen buenas características ornamentales. Actualmente existe explotación de estas rocas en el área, tal es el caso de varias canteras de GUATEMARMOL, cuya utilidad principal es la decoración de exteriores, lápidas y pisos (Foto 5.3), y la producción de bloques que son exportados a varias partes del mundo.

Foto 5.3. Canteras en explotación de peridotitas serpentinizadas (¨mármol verde¨) en las cercanías de Estancia de García.

5.9.2. Mármol

Existen varios cuerpos de mármol interestratificados en las unidades de esquisto granatífero y gneis cuarzo-feldespático-biotita. Además algunos bloques se encuentran dentro de la unidad de peridotitas serpentinizadas. Existe una cantera de mármol en el cerro Buena Vista, que esta siendo actualmente explotada.

5.9.3. Gneis cuarzo-mica

Los cuerpos de gneis cuarzo-mica afloran al norte de Saltan y San Vicente, son excelentes materiales para ser utilizados como material ornamental (Foto 5.4). Estos actualmente están siendo explotados en forma rustica, elaborando con ellos, lajas o planchas que son utilizadas como decoradores de casa o como piso, con una producción de 5 m^2 diarios. Este producto esta siendo comercializado en la ciudad capital.

Foto 5.4. Cantera localizada en al Aldea San Vicente, donde extraen ¨lajas¨ de gneis cuarzo-mica, para uso ornamental

5.10. Rocas para Construcción (áridos)

5.10.1. Peridotitas serpentinizadas

Existen varias canteras de peridotitas serpentinizadas fuertemente cizalladas, que están siendo utilizadas como balasto de carreteras (Foto 5.5). Los principales afloramientos se encuentran en San Diego, San Vicente y El Guapinol.

Foto 5.5. Panorámica donde se observan diferentes sitios de explotación en Pachicaj, tanto de peridotitas serpentinizadas como pegmatitas.

5.10.2. Caliza y mármol

En la zona afloran rocas carbonatadas (caliza-mármol) que pueden ser empleadas para diferentes fines. Bancos de balasto se ubican en el cerro Quichumil, y por sus características pueden ser utilizadas en la construcción de viviendas, cimentaciones, pavimentación y gravas. Por otra parte, las calizas, pueden ser calcinadas para la obtención de cal viva utilizada para la construcción, como material de relleno y para fines domésticos e incluso agrícolas.

5.10.2. Arena y grava

Depósitos aluvionales pueden ser posibles materiales de explotación para materiales de construcción. Los mejores sitios se encuentran en las riveras y terrazas construidas por los ríos Motagua, Pixcaya, Saltan y Belejeyá.

CAPITULO

VI Análisis y Discusión de Resultados

La zona de falla del Motagua (ZFM) y el valle del Motagua definen una sutura a lo largo de la cual los bloques Maya y Chortís con diferentes historias geológicas están ahora unidos. Al norte de esta zona, en el cuadrángulo Granados, las montañas de la Sierra de Chuacús están compuestas de un complejo de rocas metasedimentarias y posiblemente metaintrusivas denominadas Grupo Chuacús (del bloque Maya). De esta manera, tal como lo propone Schwartz, P., and Donnelly, T., (1978), estas rocas representan un arco volcánico antiguo metamorfizado. Ante la ausencia de una edad confiable de estos metasedimentos, se acepta que se formaron al menos hace 385 millones de años (Devónico), aceptando que subyacen a las rocas del Grupo Santa Rosa. Sin embargo, esta última relación no ha sido confirmada en el campo, por el contrario, todas las relaciones estratigráficas son falladas. Al Sur de la ZFM se mapearon las Filitas San Diego, que corresponden al Bloque Chortís que representan depósitos de una amplia plataforma continental, que por su similitud con la Formación Tactic, han sido atribuidas al Pensilvánico-Pérmico.

La parte central de la ZFM está representada por rocas del complejo ofiolítico del Grupo El Tambor. Estas rocas representan material de corteza oceánica que durante el Jurásico/Cretácico formaron parte de un océano que dividía a los bloques Maya y Chortís. Pero, durante la colisión Cretácico/Terciario, estas rocas cabalgaron tanto al Norte como al Sur. Esta colisión, también produjo metamorfismo en las rocas preexistentes, como se observa en la unidad de esquistos granatíferos, cuyos granates están parcialmente sustituidos por clorita, evidenciando un metamorfismo retrógrado. Además, hubo fusión parcial de rocas preexistentes, lo cual generó una serie de intrusivos, como el Granito Tres Sábanas (plutón San Pedro Ayampuc), de edad Cretácico/Terciario.

Posteriormente, el àrea en estudio principió a emerger y los procesos de erosivos dieron origen a los sedimentos que conforman la Formación Subinal. La actividad tectònica sufriò un cambio, con la activaciòn de la zona de falla transformante Motagua-Polochic, hace 40 millones de años (Eoceno)(Leroy, 1995). Finalmente, la actividad volcánica Terciaria/Cuaternaria, también produjo material que cubrió ampliamente la zona estudiada.

La historia estructural de las rocas metamórficas del Grupo Chuacús involucra varias fases, evidenciada por la sobreimpresión de pliegues en afloramientos aislados de la esquina noreste del cuadrángulo, observándose en capas de cuarcitas, donde pliegues cerrados o apretados P_1, cuya traza de la superficie axial Norte-Sur es S_1, esta sobreimpreso el pliegue abierto P_2, cuyas trazas de la superficie axial S_2 se orienta Este-Oeste, con vergencia hacia el Norte e inmersión de sus ejes hacia el sureste (Foto 6.1).

Análisis de fotografías aéreas hechas sobre la esquina Noreste, manifiestan el desarrollo de macropliegues superpuestos que podrían coincidir con las forma de una imagen de pliegue en champignon o "*mushroom style*" de los tres tipos extremos de superposición de pliegues de J. Ramsay (1967). Según McBirney 1963, el plegamiento en la zona evidencia por lo menos 2

generaciones de pliegues asociados con zonas de deformación Norte-Sur. Las capas gnéisicas en los gneis en El Chol contienen un conjunto antiguo de pliegues isoclinales estrechamente comprimidos que han sido replegados en pliegues mas abiertos con planos axiales inclinados hacia el Norte.

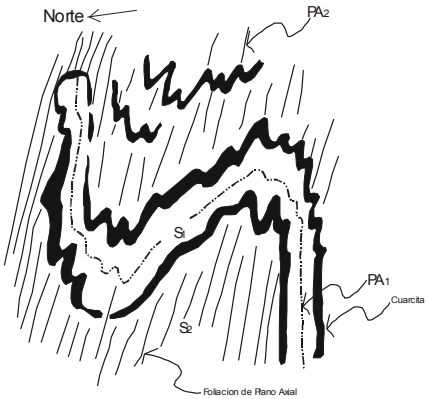

Foto 6.1. Pliegues superpuestos desarrollados en la unidad de gneis migmatítico-anfibolita.

Con las evidencias encontradas podemos fundamentar o apoyar lo vertido por McBirney 1963, pero para nosotros es difícil determinar la dirección del esfuerzo que origino el pliegue PA_1; mas si, el del pliegue P_2, estando con dirección noreste-suroeste.

La complejidad tectónica de la zona hace sumamente difícil la reconstrucción de la sucesión estratigráfica. La definición en la sucesión de los cuerpos rocosos separados cartográficamente, presenta serias dificultades, debido a la deformación poliepisodica de las rocas, poca datación radiométrica y escasos estudios estructural detallados.

Así mismo los hechos estructurales descritos revelan, a pesar de toda la complejidad expresada, la existencia de una dirección de paleoesfuerzo. El análisis de las fallas de rumbo, mediante el software de Angelier, define dos direcciones de compresión: N10E y N45E (Fig. 6.1). Las fallas normales orientadas tanto al NE-SW (Fig. 6.2) pueden corresponder a zonas de transtensión o al fallamiento normal que se da a lo largo de las charnelas de los pliegues. Por otro lado, las fallas inversas orientadas NW-SE pueden ser producto de transpresión que se generan a lo largo de ambientes transcurentes.

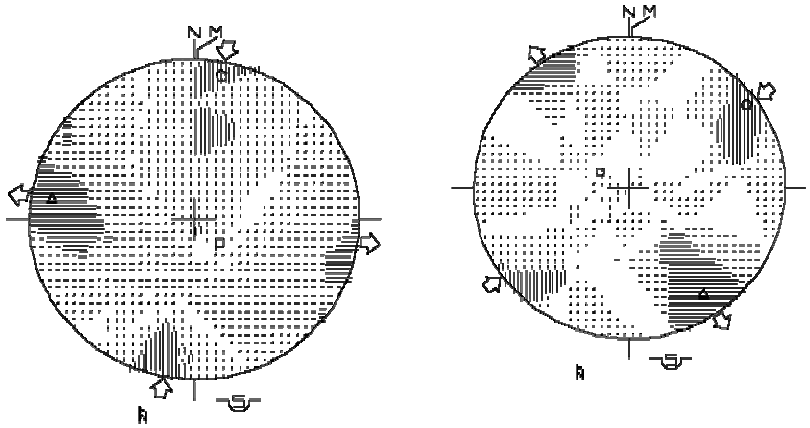

Fig. 6.1. Definición de las zonas de compresión y tensión analizando fallas de rumbo, en la localidad El Tablón, Concuá y Chipastor, en la Formación Subinal.

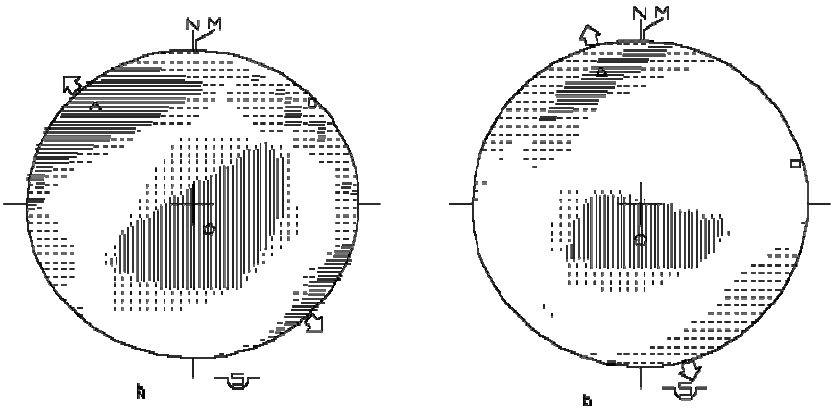

Fig. 6.2. Zonas de compresión y tensión definidas mediante fallamiento normal, en Concuá (sobre peridotitas) y Chipastor (sobre tobas).

Los ejes de pliegues (Fig. 6.3) y diaclasas confirman tales orientación de paleoesfuerzos, que pueden referirse a la colisión de los bloques Maya y Chortís durante el Cretácico/Terciari, y a la actuación del movimiento *strike slip*, de la ZFM.

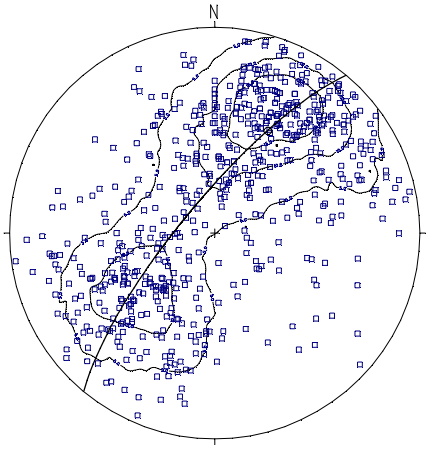

Fig. 6.3. Estereograma de polos de foliación que definen una macrostructura antiforme, cuyo paleoesfuerzo de deformación se orienta N40E.

CAPITULO

VII Conclusiones y Recomendaciones

En el área estudiada se han mapeado y delimitado las siguientes unidades de roca: **Grupo Chuacús**, con sus unidades de Gneis Feldespático, Gneis migmatítico-anfibolita, Gneis cuarzo-feldespático, Esquistos Granatíferos, Gneis cuarzo-feldespático-biotita y Gneis de cuarzo-mica, del Paleozoico inferior o mas antiguas; **Filitas San Diego** del Paleozoico superior**, Grupo El Tambor,** representado por un complejo ofiolítico constituido de peridotitas serpentinizadas, *pillow lavas*, *chert* radiolarico?, lutitas y calizas fosilíferas, las cuales han sido atribuidas tentativamente al Cretácico superior; **Granito Tres Sabanas**, del Cretácico/Terciario, **Formación Subinal** constituida por capas rojas (lutitas, areniscas y conglomerados), que regionalmente se conocen como del Cretácico/Terciario; Depósitos volcánicos del Terciario-Cuaternario; y **Aluviones** y **Coluviones** Cuaternarios.

Las sustitución de minerales vistas a nivel macroscópico (Granates rodeados de clorita) evidencian metamorfismo retrogrado en el grupo Chuacús.

Las rocas del Grupo Chuacús han sido deformadas por lo menos tres veces, dos bien evidenciadas y fundamentadas formando pliegues isoclinales y con la presencia de pliegues mas abiertos.

El análisis de las fallas de rumbo, define dos direcciones de compresión: N10E y N45E. Las fallas normales e inversas pueden corresponder a zonas de transtensión y transpresión, respectivamente, que se generan a lo largo de ambientes transcurentes.

Los minerales mapeados con condiciones económicas son cuarzo, feldespato (pegmatitas) y granates; rocas ornamentales: peridotitas serpentinizadas (mármol verde), mármol, gneises, y calizas.

Recomendaciones

Realizar la segunda fase del proyecto, correspondiente a los análisis de laboratorio para verificar facies metamórficas, edad, y condiciones de presión y temperatura sufridas por estas rocas.

Realizar análisis químicos y físicos a los minerales con interés económico, para determinar su potencial, lo cual redundará en beneficio de las comunidades que habitan en el cuadrángulo Granados.

Promover la realización de medidas estructurales en los alrededores de las ruinas de Mixco Viejo, para evitar los movimientos de ladera que pudieran afectar el patrimonio nacional.

Procurar la publicación de los resultados de esta investigación para enriquecer el conocimiento geológico nacional.

Referencias Bibliográficas

BECCALUVA. L., BELLIA S., COLTORTI M., DENGO G., GIUNTA G., MENDEZ J., ROMERO J., ROTOLO S. & SIENA F. 1995. The Northwestern Border of the Caribbean Plate in Guatemala: New Geological and Petrological Data on The Motagua Ophiolitic Belt. 15p.

DENGO, G. 1985. Mid America: tectonic setting for the Pacific Margin form Southern Mexico to Northwestern Colombia. In: NAIRN et al (eds): The Oceans Basins and Margins, vol. 7A, The Pacific Ocean, *Plenum Press*, 123-180.

DONNELLY T., HORNE G., FINCH R. & LOPEZ-RAMOS E. 1990. Northern Central América; the Maya and Chortis Blocks. In Dengo G. & Case J. E. (coord.), The Caribbean Región. Boulder, Colorado, Geological Society of América, The Geology of North América. Volumen H. Chapter 3. pp. 37 - 76.

FOURCADE, E., MENDEZ J., AZEMA J., BELLIER J. P., CROS P., MICHAUD F., CARBALLO M. y VILLAGRAN J. C. 1994b. Dating of the Settilng and Drowing of the Carbonate Plataform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic (Guatemala). Newsletter Stratigraphy, 30, 1: pp. 33 – 43.

FOURCADE, J. ALONZO M., BARILLAS, M., BELLIER, J-P., BONNEAU, M., COSILLO, A., CROS, P., DEBRABANT, P., GARDIN, S., MASURE, E., PHILIP, J., RENARD, M., ROCCHIA R. & ROMERO J. E. 1997. The K/T boundary in Southwestern Petén (Guatemala). Accadémie des Sciences Paris. Earth & Planetary Sciences. Stratigraphy. 325 pp. 57 – 64.

FOURCADE, J., MENDEZ J., AZEMA J., CROS P., DE WEVER P., DUTHOU J. L., ROMERO J. E., & MICHAUD F. 1994a. Age Présantonien - Campanien de l' Obduction des Ophiolites du Guatemala.Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 318, II: pp. 527 – 533.

GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1991. Hoja Topográfica Granado. No. 2060 I. Guatemala. Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:50,000.

KESLER, JOSEY Y COLLINS. 1971. Nature of Ancestral Orogenic Zone in Nuclear Central America. The American Asociation of Petroleum Geologist Bulletin. Vol. 55, p. 2116-2129.

LAVENU, A., 1989. "Análisis Microtectónico". Inédito. Quito, Ecuador. Convenio IPGH-EPN-CLIRSEN-ORTOM. 78 Pgs.

LAVENU, A., 1989. "Microtectónica". Inédito. Quito, Ecuador. Convenio IPGH-EPN-CLIRSEN-ORTOM. 48 Pgs.

LEROY, S. 1995. Structure et origine de la plaque Caraïbe. Implications géodynamiques. Th. Doct.: Université Pierre et Marie Curie, Paris 6. 249 p.

MACHORRO, SAGASTUME, R. A. 1993. Geology of the Northwestern Part of the Granados Quadrangle, Central Guatemala. Thesis University of Texas at El Paso. USA. 76 p.

MCBIRNEY, A.R. 1963. Geology of a Part of the Central Guatemalan Cordillera. Univ. California. Pub. Geol. Sciences. Vol. 38, No.4, p. 177-242, Berkeley and Los Angeles.

MILLAN, S. M. 1985. Preliminary Stratigraphic Lexicon North and Central Guatemala Comp. (inédit). Millan and Associates Limited, St. Johns. United Nation Development Programs. Otowa, Canada. 130 p.

MISIÓN GEOLÓGICA ALEMANA. (1971). Mapa Geológico General 1:125 000 Baja Verapaz y parte Sur de la Alta Verapaz (Guatemala). Bundesanstalt für Bodenforchung, Hannover. Alemania.

MORAN I., L.O., 1979. "Estudio del Grafito y Minerales Accesorios. Realizado en la aldea Oratorio, Granados, Baja Verapaz." Informe Final del Trabajo Productivo. Area de Recursos Minerales. Centro Universitario del Norte. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, A.V. 35 Pg.

POSADAS L., C.A., 1979. "Estudio de las Pegmatítas y Minerales Accesorios, Finca El Naranjo, Granados, Baja Verapaz." Informe Final del Trabajo Productivo. Area deRecursos Minerales. Centro Universitario del Norte. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, A.V. 35 Pg.

REQUENA F., J.E., 1990. "Levantamiento Geológico y Ubicación de Dique Pegmatitícos, Granados, Baja Verapaz". Informe del Trabajo Final de Campo. Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, A.V. 38 Pg.

ROBERTS, R.J. AND IRVING, E.M. 1957. MINERAL DEPOSITS OF CENTRAL AMERICA. U.S. Geological Survey Bull. 1034, Washington. 205 p.

ROPER, P. J. 1978. Stratigraphy of the Chuacús Group on the South side of the Sierra de las Minas Range, Guatemala. In Mac Gillary & D. J. Beets (eds.): The 8th Caribbean Geological Conference (Willemstad, 1977). Geol. Mijnbouw, 57. pp 309 – 313.

SCHWARTZ, D. P. AND DONNELLY T. W. 1976. Field Guide to the geology between Guatemala City And Gualan. Symposium on the February 4, 1976 Guatemala Earthquake and the Reconstrucction Process, Guatemala City, May 14-20, 1978.

VACHARD D. y FOURCADE E. Avec la collaboration de ROMERO J. E., MENDEZ J., COSILLO A., ALONZO M., REQUENA J. E., AZEMA J. & CROS P. 1997. Foraminiféres et Algues du Permien du Guatemala. (Permian Foraminifera and Algae from Guatemala), GEOBIOS, 30. 6: 745 – 784. Villeurbanne, le 31-12-1997.