



Geología del Cuadrángulo El Progreso

Carrera de Geología - Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Enero 2,003

Autor:
Mauricio Chiquin Yoj

Docente Carrera de Geología
Centro Universitario del Norte
Cobán, Alta Verapaz

Este proyecto fue ejecutado con financiamiento de la
Dirección General de Investigación, DIGI

Universidad de San Carlos de Guatemala

Portada:

Sitio arqueológico Aldea San Clemente
Derecha: Estructuras sedimentarias en Formación Subinal
Izquierda: Basurero en aldea Las Tunas, Guastatoya.

ABSTRACT

This report contains de geologic information gathered during the execution of the project “Cartografía Geológica del Cuadrángulo El Progreso”; this project had the support of the Dirección General de Investigación of the San Carlos University in Guatemala. Among the main objectives were the characterization and description of the different lithological units in the quadrangle, the structural geology, economic geology and some considerations of environmental geology.

As product of this research, there were recognized the following nineteen lithological units: Quartz-feldspar gneis (Chuacús Group), Migmatites (Chuacús Group), Granulite (Chuacús Group), Serpentinized Peridotite (El Tambor Group), Amphibolite (El Tambor Group), Slate and phyllites (El Tambor Group), Mica Schist (El Tambor Group), Marble (Caliza Cerro de La Virgen), Cerro de La Virgen Limestone, Pillow Lavas, Espilites (El Tambor Group), Mélange, Diorite, Palo Amontonado Beds, Subinal Formation, Guastatoya Formation, Volcanic Deposits, Coluvions, Aluvions.

In this report, due to lithological, chemical, and field relations, it is made the suggestion that much of what has been considered Chuacús Group, is indeed, a thick sequence of metasediments, which includes a marble member; a allochthonous unit associated to the ophiolites. Another important fact here stated is the existence of a chaotic assemblage of ophiolitic blocks in a pelagic and serpentinitic mass, called Mélange. The existence of a high pressure and low temperature mineral association in this unit suggest the possibility of the existence of a primitive accretion prism. Many authors have for many years recognized this mineral association and have thought of these rocks as tectonic inclusions in serpentinite, which could be wrong. With these criteria, it is recognized the existence of a paired metamorphic belt, typical of subduction zones: one of high pressure-low temperature, the ophiolitic association, and another of low pressure, the Chuacús Group.

The structural geology is very complex, considering that in the quadrangle there are three tectonic units: the Mayan Block, the Motagua Suture Zone, and the Chortis Block; each with different deformation histories, so is their geology in general.

There were recognized many rocks and minerals that could have economic interest, so they were described pointing out examples of outcrops; there are non metallic and metallic materials. Finally, there are some environmental considerations about geological hazards in the area. These are seismic, landslides, rock falling, floods and water contamination.

This report does not mean to be exhaustive, none is, but gather all the field and written information about the quadrangle, put some new ideas regarding the Suture Zone geology and help in the understanding of the regional geology. For that, it is still necessary to continue with the study of other quadrangles, as El Chol, San Jerónimo, Gualán, San Diego, as examples.

The science of today is the technology of tomorrow.

EDWARD TELLER

RESUMEN

Este informe contiene la información geológica recopilada durante la ejecución del proyecto "Cartografía Geológica del Cuadrángulo El Progreso"; este proyecto tuvo el apoyo de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Entre los objetivos principales se encuentra la caracterización y descripción de las unidades litológicas existentes en el cuadrángulo, la geología estructural, geología económica y algunas consideraciones de geología ambiental.

Como producto de esta investigación, se reconocieron las siguientes diecinueve unidades litológicas: Gneis cuarzo-feldespático (Grupo Chuacús), Migmatitas (Grupo Chuacús), Granulita (Grupo Chuacús), Peridotita Serpentinizada (Grupo El Tambor), Anfíbolita (Grupo El Tambor), Pizarra y filitas (Grupo El Tambor), Esquisto Micáceo (Grupo El Tambor), Mármol (Caliza Cerro de La Virgen), Caliza Cerro de La Virgen, Lavas Almohadilladas-Espilitas (Grupo El Tambor), Mélange, Diorita, Capas Palo Amontonado, Formación Subinal, Formación Guastatoya, Depósitos Volcánicos, Coluviones, y Aluvión.

En este informe, basado en aspectos litológicos, químicos, y relaciones del campo, se sugiere que mucho de lo que ha sido considerado Grupo Chuacús, es de hecho, una sucesión gruesa de metasedimentos que incluye a un miembro de mármol; posiblemente una unidad alóctona asociada a ofiolitas. Otro hecho importante aquí establecido es la existencia de una asociación caótica de bloques ofiolíticos en una matriz pelágica y serpentinitica, llamado Mélange. La existencia de una asociación mineral de alta presión y baja temperatura en esta unidad hace pensar en la posibilidad de la existencia primitiva de un prisma de acreción. Muchos autores durante muchos años han reconocido esta asociación mineral y han pensado en estas rocas como inclusiones tectónicas en serpentinita, idea que podría ser equivocada. Con estos criterios, se reconoce la existencia de un cinturón metamórfico apareado, típico de zonas de la subducción: una de baja temperatura-alta presión, la asociación ofiolítica, y otra de presión baja, el Grupo de Chuacús.

La geología estructural es muy compleja, considerando que en el cuadrángulo hay tres unidades tectónicas: el Bloque maya, la Motagua Sutura Zona, y el Bloque de Chortis; cada uno con historias de deformación diferentes, así como es su geología en general.

Se reconocieron rocas y minerales de posible interés económico, para estos se señalaron ejemplos de afloramientos potenciales; existen materiales no metálicos y metálicos. Finalmente se presentan algunas consideraciones medioambientales, acerca de riesgos geológicos en el área. Éstos son sísmicos, deslizamientos, derrumbes, inundaciones y contaminación de agua.

Este informe no pretende ser exhaustivo, ninguno es, sino recoger toda la información posible de campo y escrita sobre el cuadrángulo, poner algunas nuevas ideas con respecto a la geología de Zona de Sutura y ayudar en la comprensión de la geología regional. Para eso, es todavía necesario continuar con el estudio de otros cuadrángulos, como El Chol, San Jerónimo, Gualán, San Diego, como los ejemplos.

La ciencia de hoy es la tecnología del mañana

EDWARD TELLER

INDICE

<i>Resumen</i>	<i>i</i>
<i>Indice</i>	<i>ii</i>

INTRODUCCIÓN

Objetivos y alcance	1
Área, accesos, geografía y drenaje	1
Trabajos previos	4
Agradecimientos	5

GEOLOGÍA REGIONAL

Generalidades	7
Grupo Chuacús	8
Complejo Las Ovejas	9
Grupo El Tambor	9

UNIDADES LITOLÓGICAS

Generalidades	12
Gneis cuarzofeldespático, <i>Grupo Chuacús</i>	15
Migmatitas, <i>Grupo Chuacús</i>	16
Granulita, <i>Grupo Chuacús</i>	18
Peridotita Serpentinizada, <i>Grupo El Tambor</i>	20
Anfibolita, <i>Grupo El Tambor</i>	22
Pizarras y filitas, <i>Grupo El Tambor</i>	24
Esquistos micáceos, <i>Grupo El Tambor</i>	27
Mármol, <i>Caliza Cerro de La Virgen</i>	33
Caliza Cerro de La Virgen	37
Basalto almohadillado (Espilitas), <i>Grupo El Tambor</i>	38
Mélange	41
Diorita	45
Capas Palo Amontonado	47

Formación Subinal	50
Formación Guastatoya	52
Depósitos Volcánicos	55
Cenizas Pomáceas	57
Coluviones	57
Aluvión	58
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	
Generalidades	60
Fallamiento	61
Foliación	65
Diaclasamiento	66
GEOLOGÍA ECONÓMICA	
No metálicos	68
Agregados	69
Mármol	70
Serpentinita (mármol verde)	70
Filitas	71
Feldespatos	71
Cuarzo	72
Caliza	72
Piedras semipreciosas	73
Jadeíta	73
Magnesita	74
Agua	74
Metálicos	74
GEOLOGÍA AMBIENTAL	75
Amenazas Geológicas	75
Contaminación del subsuelo y recursos hídricos	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Objetivos y alcance:

La cartografía del cuadrángulo El Progreso es parte de un programa de investigaciones que ejecuta la Carrera de Geología del Centro Universitario del Norte, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el fin de recopilar la geología de cuadrángulos individuales, a escala 1:50,000; este programa ha contado con financiamiento de CONCYT y de la Dirección General de Investigación de la USAC.

La realización de la cartografía del cuadrángulo El Progreso tuvo varios objetivos entre los que se resalta la descripción de la geología del cuadrángulo, específicamente la ubicación y descripción de las unidades litológicas aflorantes, así como el estudio general de la geología estructural, haciendo énfasis en su relación con la Zona de Sutura del Motagua. También ha sido importante identificar y describir los materiales metálicos y no metálicos que pueden tener un potencial económico; en el campo ambiental identificar aquellas condiciones geológicas que constituyen amenazas al medio, principalmente para áreas donde se encuentran comunidades humanas.

Este estudio no pretende ser exhaustivo en la descripción de la geología del cuadrángulo, es un hecho que la geología de la Zona de Sutura del Motagua es muy compleja en litología, estructural y tectónica; el propósito esencial es incentivar la realización de estudios más específicos, en la lectura de este reporte surgirán dudas o inquietudes y con ello se estará cumpliendo con el objetivo de este estudio.

Área, accesos, geografía y drenaje.—Las coordenadas geográficas que limitan el cuadrángulo El Progreso se presentan en la tabla adjunta, estas comprenden un área de aproximadamente 500 km². En la Tabla 1.1 se presentan las coordenadas geográficas que delimitan el área del cuadrángulo; asimismo, en la Figura 1.1 se presenta el mismo, mostrando aquellos adyacentes y su situación actual respecto a su información geológica.

Las poblaciones más importantes, por densidad poblacional, son las cabeceras municipales de Guastatoya, Morazán y El Rancho, todos del departamento de El Progreso, y aldeas como Santa Rita, Tulumaje, Pasasagua, Marajuma y

Tabla 1.1. Coordenadas geográficas del cuadrángulo El Progreso.

Vértice	Latitud	Longitud
A	15° 00'	90° 15'
B	15° 00'	90° 00'
C	14° 50'	90° 00'
D	14° 50'	90° 15'

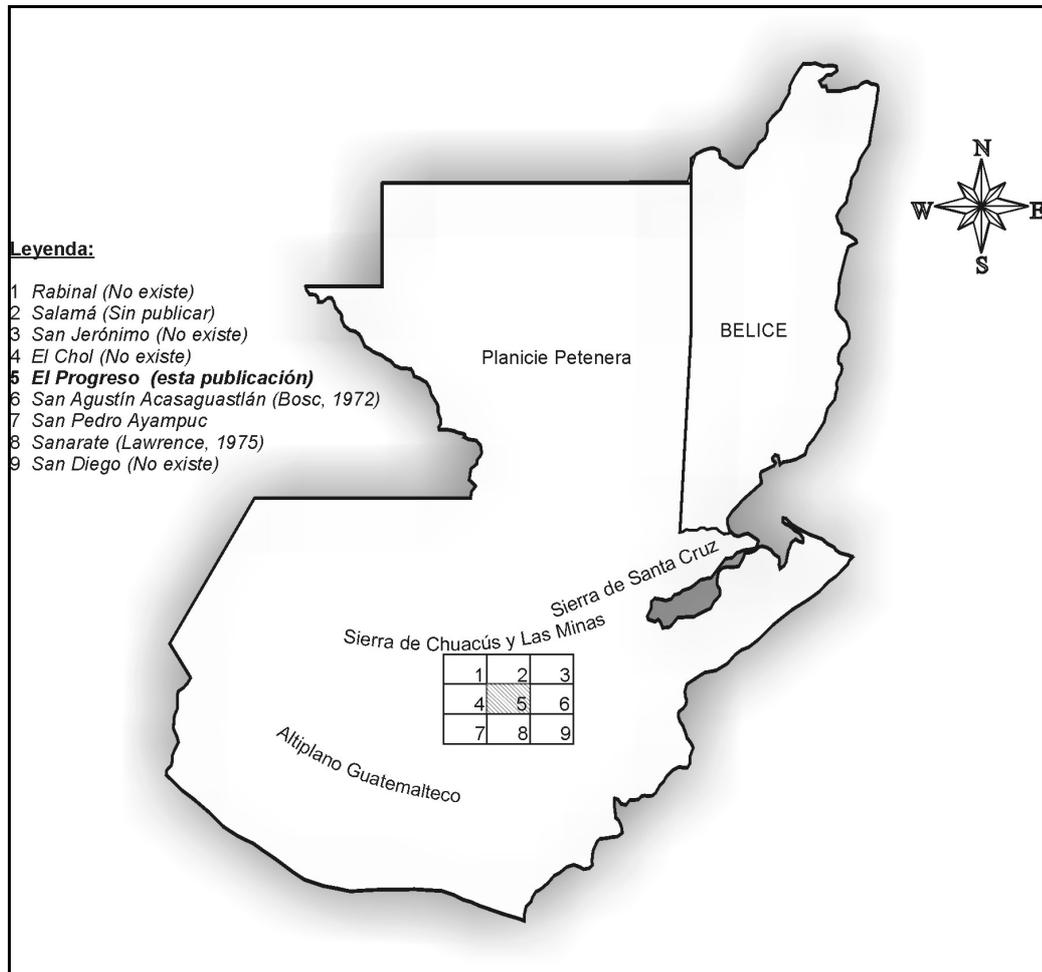
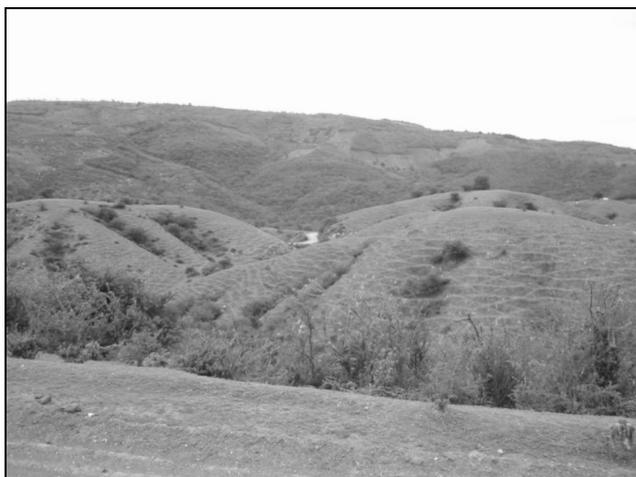


Figura 1.1. Ubicación del cuadrángulo El Progreso y aquellos que se encuentran adyacentes. Se menciona la situación actual de cada uno.

San Clemente. El acceso al área se puede calificar como excelente, por la existencia de diversas vías, principalmente la carretera asfaltada CA-9 que conduce de la ciudad capital al Atlántico, y la ruta 17 que conduce de El Rancho a La Cumbre, San Jerónimo Baja Verapaz; también hay accesos de segundo y tercer orden a las distintas áreas del cuadrángulo.

La topografía es variable, presenta una combinación de montañas y cerros con planicies, Fotografía 1.1, la altura máxima del relieve es 1940 m y la más baja es 280 msnm. El rasgo orográfico sobresaliente al norte es la ladera sur de la Sierra de Las Minas, la cual está separada por el río Motagua, de otro conjunto de cerros que se encuentran alineados en la parte sur, y que más hacia el este se conforman la Sierra del Merendón; dentro de estos últimos sobresalen el Cerro Monte Verde y el Cerro El Pinal, dos macizos limitados por fallas.

La intensidad en el uso del suelo es variable, de acuerdo principalmente a aspectos litológicos y topográficos, que al final son los que determinan el tipo de suelo. Por ejemplo, las condiciones climáticas en la parte alta de la Sierra de Las Minas son adecuadas para la meteorización de las rocas y la formación de suelos, independientemente del tipo de unidad litológica; mientras que en la parte baja, excluyendo la zona aluvional, las condiciones climáticas más severas y la litología, unidades clásticas y caliza principalmente, no permiten la adecuada formación y conservación de suelos.



Fotografía 1.1.—Combinación de morfología por variación litológica. Al fondo se observan cerros más altos compuestos de caliza y más cerca, cerros más bajos de cenizas pomáceas.

En esta parte sur, sobresale el uso que se le da a los suelos que se forman a partir de la unidad de basaltos; estos son preferidos para los cultivos. En general, la vegetación es variable y se manifiesta la relación roca-suelo-vegetación, observándose que algunas especies son exclusivas de determinados tipos de roca. En la Fotografía 1.2 se observan algunas especies vegetales.

El drenaje del área es variado, se observan diversos tipos de configuraciones que son producto tanto del control estructural como del litológico. El rasgo hidrográfico más sobresaliente es el Río Motagua, un cuerpo fluidal que se extiende desde Chimaltenango hasta el Océano Atlántico, siguiendo la traza del Sistema de Falla Motagua; a él evacúan todos los ríos y quebradas existentes en el cuadrángulo. Por otro lado existen varios ríos secundarios localmente importantes, estos son el Guastatoya, Morazán, Marajuma, Tulumajillo y Aguahiel. En la Figura 1.2 se muestran los principales afluentes y su configuración general.

Para la descripción del drenaje es necesario evocar la configuración tectónica del cuadrángulo, la cual permite dividirlo en tres zonas o unidades tectónicas, mismas que se describen posteriormente. La parte norte, el Bloque Maya, presenta al oeste un



Fotografía 1.2.—En el cuadrángulo existe una variedad amplia de especies vegetales. En las fotografías se muestran especímenes de Subin, arriba, un cacto.

patrón angular por el encuentro de ríos y quebradas a ángulos rectos, con orientaciones de N45E y N45W aproximadamente; el ejemplo sobresaliente es el riachuelo San Clemente y su desembocadura con el río Morazán. Hacia el centro y este, la configuración combina el patrón angular con paralelo; este último está compuesto por quebradas que fluyen de norte a sur, tanto por control estructural como por consecuencia de la pendiente, ríos consecuentes. Otro rasgo importante del drenaje en este bloque es su irregularidad en la unidad de mélange, debido a la heterogeneidad en su estructura, esta unidad permite el flujo irregular y descontrolado de las corrientes superficiales.

En la parte central o en la Zona de Sutura del Motagua predomina una configuración angular, frecuentemente el río Motagua hace virajes a noventa grados, las quebradas y ríos que se le unen lo hacen a ese ángulo también. Los depósitos pomáceos y las peridotitas serpentinizadas desarrollan también un patrón subdendrítico, lo que refleja la homogeneidad en su composición y estructura.

Hacia el sur, Bloque Chortis, la configuración es también angular, pero cambian las direcciones, siendo predominantemente norte-sur y este-oeste, lo cual se asocia con el sistema de fallas Cabañas.

En general, el drenaje está controlado estructuralmente con variaciones en la orientación de las estructuras que la controlan, localmente es paralelo o subdendrítico.

Trabajos Previos.—El cuadrángulo El Progreso, o parte de él, ha sido estudiado por diversos autores. Entre los más antiguos se pueden mencionar los realizados por Walper (1960) y McBirney (1963) en áreas que comprenden las Sierras de Chuacús y Las Minas, y la parte norte de ellas. Hirschman (1962) estudió la Formación Subinal en la región de El Progreso al sur del valle del Motagua. Williams (1960) publicó un estudio de las rocas volcánicas del altiplano, y Williams, McBirney y Dengo (1964) hicieron un estudio de reconocimiento del sureste de Guatemala. Clemons (1966), Burkart (1965) y Crane (1965) han hecho mapeo detallado en la parte sureste de Guatemala. Bosc (1971) mapeó el cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán y parte de El Progreso.

Posteriormente surgieron varios estudios realizados por estudiantes por graduarse de la Universidad del Estado de Nueva York en Binghamton. Davin Schwartz (1972), cuadrángulo Zacapa y Walter Newcomb (1972), cuadrángulo Río Hondo. Warren Montgomery († 1973) mapeó el cuadrángulo San Pedro Ayampuc y la parte sur de El Chol.

Estudios más recientes han sido realizados por investigadores de la Carrera de Geología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, estos a través de programas de tesis y prácticas de Trabajo Final de Campo y Campaña Geológica; la parte NW del cuadrángulo Granados fue estudiada por Machorro (1992). A través de estos estudios ha sido posible la realización de la cartografía geológica de los cuadrángulos Salamá (Requena, 1999), Granados (Morán, 2000). Fourcade *et al*, (1995) describieron unidades sedimentarias –

ofiolíticas y dataron el cabalgamiento de cuerpos alóctonos. Giunta *et al.*, (2002) realizaron la descripción de las unidades ofiolíticas que afloran en la Zona de Sutura del Motagua.

Agradecimientos.—El autor desearía agradecer a aquellas personas que promovieron la aprobación de este proyecto, posiblemente sin conocer mucho de geología, su mentalidad amplia y positiva les motivó a darle un voto de confianza a la propuesta, donde quiera que estén y quienes quiera que sean, gracias. Así también al Ing. Saúl Guerra por estar pendiente de la ejecución del proyecto, por la paciencia ante la tardanza de la entrega de informes, y por sus palabras de aliento hacia la Carrera de Geología. A los compañeros de trabajo que a través de charlas y discusiones informales aportaron criterios, y que por medio de sus dudas, demandaron de mayor esfuerzo del suscrito. A los estudiantes que realizaron trabajos de campo en el área, especialmente aquellos que dieron su mejor esfuerzo y tomaron como suyos, los problemas de la geología del área. A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por fomentar la investigación y así permitir nuestro involucramiento de nuestro país en programas regionales.

CAPÍTULO 2

GEOLOGÍA REGIONAL

Generalidades.—El cuadrángulo El Progreso se ubica en lo que se ha definido como Zona de Sutura del Motagua, una zona producto de la colisión de dos bloques tectónicos que a su vez son parte de placas de dimensiones continentales; al norte se ha definido el Bloque Maya y al sur el Bloque Chortis, Figura 2.1. Cada uno de estos bloques tiene una historia geológica esencialmente diferente, por lo menos antes de la colisión, compartiendo actualmente diversos rasgos producto de su disposición a diferentes procesos, como el movimiento continuo a lo largo del Sistema de Falla Motagua y la subducción de la placa de Cocos al sur, principalmente. La configuración litológica estructural de cada bloque es diferente, el basamento, la historia deposicional, metamorfismo, fallamiento, etc.

El bloque Maya comprende el margen sur de la Placa de Norteamérica, tiene un basamento Paleozoico sobre el cual se encuentra una gruesa sedimentación marina que va del Pensilvaniano al Cenozoico, luego aparece una sedimentación continental que va del Jurásico al Cretácico Temprano; desde este tiempo hasta el Cretácico Tardío se dio la deposición de carbonatos, evaporitas y sedimentos clásticos, hasta darse el evento de sutura entre el Cretácico Tardío y Terciario temprano, lo cual se manifiesta principalmente con el emplazamiento de cuerpos ofiolíticos. En el Terciario tardío se depositó una variedad de sedimentos predominantemente continentales. En la historia geológica más reciente sobresale el movimiento transformante en el borde sur del bloque.

El bloque Chortis geográficamente forma parte de la compleja Placa del Caribe, está limitado al norte por la Zona de Falla Motagua y al sur por la Fosa Mesoamericana, que lo separa de la Placa de Cocos. El basamento de este bloque está compuesto de dos unidades, una de alto grado metamórfico más antigua de probable edad Carbonífero Inferior, el Complejo Las Ovejas, y otra de bajo grado metamórfico más reciente, de probable edad Pérmico, las Filitas San Diego. Desde el Jurásico tardío hasta el Eoceno existe un registro sedimentario complejo, controversial, que combina sedimentación continental y marina, incluyendo desde el principio el Grupo Honduras, sobre el cual se depositó el Grupo Yojoa, luego el Grupo Valle de Angeles y finalmente la Formación Subinal. Posteriormente existe una gruesa acumulación de material volcánico que revela los procesos volcánicos que han afectado este bloque.

A continuación se presenta una descripción breve desde el punto de vista regional, de las unidades estratigráficas que afloran en el cuadrángulo El Progreso.



Figura 2.1. Ubicación del cuadrángulo El Progreso con respecto a los bloques Maya y Chortís, así como las fallas asociadas.

Grupo Chuacús.—MCBIRNEY (1963) designó como Serie Chuacús a un grupo de rocas metamórficas de bajo a medio grado que comprenden el basamento cristalino de la Sierra de Chuacús, al norte del valle del río Motagua. Posteriormente, NEWCOMB (1975) subdividió la serie en tres formaciones, realizando un estudio en el cuadrángulo Río Hondo: las Formaciones San Agustín, Jones, y San Lorenzo, estableciendo una nueva definición como Grupo Chuacús.

El Grupo Chuacús se extiende a lo largo de una traza de tendencia este-oeste, estando limitada al sur por la zona de falla Motagua, la cual lo separa de varios tipos de rocas sedimentarias del Terciario y Cuaternario, así como rocas máficas. Al oeste está disconformemente cubierto por volcánicos del Terciario. Hacia el este, en las Montañas del Mico, está cubierto por el Grupo Santa Rosa, ya sea por fallamiento o por disconformidad. El límite norte del Grupo varía con relación fallada o por disconformidad ya sea con rocas sedimentarias del Jurásico-Cretácico Inferior o con el Grupo Santa Rosa (MCBIRNEY, 1963).

NEWCOMB (1975), describe una parte importante de la Formación San Agustín consistente en una banda angosta de rocas migmatíticas, caracterizadas por capas melanocráticas y leucocráticas bien desarrolladas e intensamente deformadas.

Complejo Las Ovejas.—El basamento del Bloque Chortis está compuesto de dos secuencias metamórficas que se exponen en el este de Guatemala, al lado sur del valle Motagua. Una secuencia más antigua de rocas de alto grado generalmente al norte de una secuencia más joven de rocas de bajo grado. La secuencia más antigua está limitada al norte por la zona de falla Motagua y está estructuralmente debajo de rocas máficas del Grupo El Tambor (LAWRENCE, 1976). La secuencia más joven está limitada al sur por la zona de falla Jocotán y está en contacto fallado con la secuencia más antigua al norte; diferencias estructurales y metamórficas indican que están separadas por una disconformidad mayor (DONNELLY *et al*, 1968). Ambas secuencias han sido intruidas por plutones calcoalcalinos de probable edad Cretácico (DONNELLY, *et al*, 1990).

La secuencia más antigua de alto grado metamórfico fue nombrada Complejo Las Ovejas por BOSCH (1971) consistente en una secuencia interestratificada de mármol, gneis feldespático, anfibolita y diorita foliada que aflora a lo largo del Río Las Ovejas y Río El Tambor en el cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán y consiste predominantemente en gneis cuarzofeldespático y esquisto de dos micas y mármol y anfibolita subordinadas, cortadas por plutones de granitoides foliados (MULLER, 1979). La sillimanita está extendida, la andalucita es común en exposiciones al este, granate y feldespato potásico son menos comunes, y estauroлита está confinada a estratos metasedimentarios ricos en Al y Fe. Una fábrica estructural más antigua de pliegues isoclinales dúctiles fue sobreimpreso por estructuras más frágiles, tales como pliegues flexurales abiertos y bandas kink, así como metamorfismo retrogrado.

Grupo El Tambor.—De acuerdo a LAWRENCE (1975), la primera descripción publicada de la Formación El Tambor fue realizada por MCBIRNEY Y BASS (1969), para referirse a exposiciones al sur del valle Motagua entre San Diego y El Rosario y a lo largo del Río El Tambor en la misma región.

La descripción propuesta por MCBIRNEY Y BASS (1969) es la siguiente:

“Las rocas más abundantes son pizarras y argilitas cloríticas distintamente estratificadas compuestas de plagioclasa de grano fino, cuarzo, hornblenda verde, clorita, esfena, y hierro. Interestratificada con estas rocas pelíticas gris oscuro existe metachert rítmicamente bandeado compuesto de cuarzo de grano fino, calcita, y cantidades notables de grafito. Algunos cherts . . . son gris claro o casi blancos y tienen lutita filítica interestratificada . . . otros . . . son verde oscuro y masivos y contienen piritita y abundante calcita . . . lava básica metamorfoseada, toba, y sills, son casi igualmente abundantes. Las rocas metavolcánicas se distinguen fácilmente bajo el microscopio por la textura diabásica

de la plagioclasa y hornblenda. Algunas “rocas verdes” de grano fino tienen una pobremente conservada textura variolítica y cristales radiales delgados de oligoclasa que sugiere una composición espilitica”.

REEVES (1967) incluyó la Formación El Tambor con otras unidades al sur del Valle Motagua como “el Complejo Metamórfico Sur”

DONNELLY *et al*, (1990) se refieren a esta unidad como Grupo El Tambor para describir una asociación ofiolítica desmembrada, extendida y conspicua en Guatemala central. La mayoría de ocurrencias están dentro de la Zona de Sutura del Motagua, pero grandes cuerpos alóctonos se localizan también cerca de 20 km al sur y 50 km al norte de la zona. La litología dominante es serpentinita, pero wacas son abundantes y basaltos almohadillados y fragmentos de diques de diabasa también son extensos, gabros, plagiogranitos, y peridotitas ligeramente serpentinizadas ocurren localmente. Chert y calizas pelágicas raras están interestratificadas con basalto. Equivalentes metamorfizados, que son predominantemente anfíbolitas pero que también incluyen eclogitas envueltas en serpentinita, forman áreas de afloramiento adyacentes a la zona de sutura del Motagua. Materiales sedimentarios asociados incluyen gruesas wacas (algunas de las cuales son volcanoclásticas) que están al menos interestratificadas en parte con flujos de basalto. En general el grado metamórfico es ligeramente mayor en las exposiciones más inferiores. Secciones medidas en el área Sanarate muestran cerca de un cuarto de metavolcánicos y tres cuartos de metasedimentos. Los basaltos y la mayoría de anfíbolitas tienen la composición de basaltos oceánicos de bajo contenido en K (LAWRENCE, 1975). Las filitas y esquistos son metagrawacas, algunas de las cuales son gráficas. Algunas secciones de chert y wacas interestratificadas han sido tectónicamente transformados en pseudoconglomerados.

Como se observa, la descripción de DONNELLY *et al*, (1990) incluye todas aquellas rocas que se generan en un complejo ofiolítico típico, incluyendo los sedimentos y flujos basálticos superiores y sus equivalentes metamórficos; la descripción original de MCBIRNEY Y BASS (1969) únicamente incluye los metasedimentos. El suscrito concuerda con Donnelly en el sentido de aglomerar en un grupo todas las unidades que genéticamente estén ligadas a un complejo ofiolítico, y es el criterio que se aplica en la descripción de las unidades que afloran en el cuadrángulo El Progreso.

Si se acepta esta propuesta, entonces surge la posibilidad de incluir en el Grupo El Tambor, todas aquellas unidades que representan porciones de complejos ofiolíticos y los sedimentos típicamente asociados a estas y que se encuentran tanto al norte como al sur del la Zona de Falla del Motagua. Estas “unidades ofiolíticas” fueron reconocidas por Beccaluva, *et al*, en 1995 como sigue:

- Las unidades Sierra de Santa Cruz (SSC) y Baja Verapaz (BVP) claramente cabalgan sobre el Bloque Maya, la primera sobre secuencias terrígenas carbonáticas del Cretácico Tardío – Paleoceno de la Formación Sepur, la segunda sobre metamórficas del Paleozoico del Grupo Chuacús o

depósitos evaporíticos-terrágenos-carbonáticos del Mesozoico de las Formaciones Todos Santos, Cobán y Campur;

- La Unidad Juan de Paz (JPZ) cabalga el basamento metamórfico Paleozoico de la Sierra de Las Minas y Montañas del Mico (Bloque Maya);
- Las unidades Motagua Sur (SM) y Motagua Norte (NM), este último aflorante como una faja angosta a lo largo del valle Motagua, cabalgan tanto el basamento continental Paleozoico (Grupo Las Ovejas y Formación San Diego) del Bloque Chortis (SM), y los terrenos metamórficos Paleozoicos de las Sierras de Chuacús y Las Minas del Bloque Maya (NM).

Litológicamente, las unidades SSC, BVP y JPZ están compuestas de harzburgitas mantíferas generalmente serpentinizadas, gabros estratificados, doleritas, basaltos y escasas andesitas, y se han interpretados como secuencias magmáticas de arco de islas asociadas con rocas mantíferas de sub-arco (BECCALUVA *et al*, 1995). La unidad SSC está localmente cubierta por pequeños afloramientos de secuencias terrígenas y volcanoclásticas incluyendo fragmentos andesíticos y dacíticos (Formación Tzumuy; ROSENFELD, 1981), mientras que la unidad JPZ está cubierta por volcanoclásticos básicos y brechas andesíticas, pasando hacia brechas carbonáticas y calcarenitas, con arenisca y microconglomerados con fragmentos volcánicos ácidos (Formación Cerro Tipón; MULLER, 1980).

Por otro lado, las unidades SM y NM, consisten en lo descrito originalmente como Grupo El Tambor, compuesto de peridotitas serpentinizadas y gabros foliados, seguidos por una gruesa secuencia de lavas basálticas almohadilladas mostrando afinidades MORB (BECCALUVA *et al*, 1995), cherts radioláricos, metasiltitas y metarenitas con intercalaciones de flujos basálticos. El tope de la secuencia está representada por mármoles y niveles oscuros de metacalcarenitas alternando con metasiltitas filíticas (Formación Cerro La Virgen). A lo largo del río Motagua, las unidades JPZ, SM y NM están inconformemente sobreyacidas por molasas continentales Eocénicas de la Formación Subinal. GIUNTA *et al*, (2002).

GIUNTA *et al*, también presentan una descripción de la litología de la unidad NM, manifestando que esta generalmente consiste de varias capas tectónicas, a menudo caóticas, y profundamente deformadas a lo largo de las superficies de cizalla. Hacia el sur, está disconformemente sobreyacida por las molasas continentales del Cenozoico. Litológicamente, la unidad presenta grados más altos de deformaciones tectono-metamórficas. Peridotitas altamente serpentinizadas representan el litotipo principal, e incluyen bloques y/o boudines de jadeititas, albititas, meta-basitas, y anfibolitas. Basaltos almohadillados y radiolaritas escasas (Jurásico Tardío ?-Cretácico Temprano) están subordinadamente presentes, pasando en algunos sitios a filitas con basaltos interestratificados y escasas metacalizas, seguidas por carbonatos inferidos como calizas Cerro de La Virgen.

CAPÍTULO 3

UNIDADES LITOLÓGICAS

Generalidades.—El cuadrángulo El Progreso presenta una configuración litológica compleja tanto en origen como en las relaciones de campo debido a la misma naturaleza de la zona, lo que se muestra con la coexistencia de tres unidades tectónicas. Al intentar estructurar una columna litológica general del cuadrángulo, se encuentran limitaciones debido a que no es posible ni conveniente relacionar todas las unidades litológicas en una sola columna, siendo más real y explicativo estructurar dos columnas: una para la región que se encuentra al norte de la Zona de Falla Motagua, lo que en este estudio se toma como Bloque Maya y otra para el Bloque Chortis, pudiéndose incluir la Zona de Sutura del Motagua en cualquiera de las dos; en este estudio se coloca relacionándola al segundo. La Figura 3.1 muestra ambas columnas y a continuación se presenta una explicación general de las mismas.

Las rocas que se han considerado como basamentales del Bloque Maya consisten en gneis migmatítico y granulita, ambos posiblemente correlativos con lo que al este se ha conocido como Formación San Agustín, del Grupo Chuacús, del Paleozoico. Arriba del basamento se presenta una serie de unidades litológicas de carácter ígneo y metasedimentario. La unidad que predomina en extensión es peridotita serpentizada la cual se presenta desde los márgenes del río Motagua hasta las partes altas del área, en la Sierra de Las Minas; de acuerdo con la génesis de estos bloques y por las relaciones tectónicas, se considera que esta unidad está cabalgando el basamento. Las unidades sobreyacentes en la columna son metasedimentarias que incluyen filitas, pizarras, mármoles, esquistos y gneises. Todo este conjunto litológico probablemente sea un paquete sedimentario que se depositó sobre el piso oceánico antes de la colisión; su ubicación en una columna estratigráfica puede ser igualmente controversial. La unidad metasedimentaria más extensa es aquella donde predominan los esquistos micáceo granatíferos, los cuales presentan interestratificaciones de mármol y de cuarcitas, y que en algunos sectores el grado metamórfico les permite graduar a gneises. Se considera que esta unidad se encuentra cabalgando tanto el basamento, Grupo Chuacús, como la unidad de peridotita serpentizada. Otra unidad metasedimentaria de menor grado metamórfico es la de filitas y pizarras, la cual se presenta principalmente a lo largo de la Zona de Falla Motagua, al pie de la ladera sur de la Sierra de Las Minas; existe otra faja en el margen sur del cuadrángulo que también se incluye en esta unidad. Esta se compone principalmente de filitas y localmente presenta pizarras; eventualmente se ven lentes y láminas de mármol. La unidad podría tener relación estratigráfica con los esquistos micáceo granatíferos, sin embargo en el área se presentan aislados y separados por fallas que de tipo inverso. En una localidad muy reducida se identificó un afloramiento de basaltos almohadillados, espilitas, que están cabalgando serpentinitas.



Figura 3.1. Columnas litológicas generalizadas del Cuadrángulo El Progreso.

Aparentemente arriba de todo lo mencionado, cabalgando y cubriendo litologías subyacentes, se encuentra la unidad de mélangé, una mezcla caótica de diferentes facies litológicas que incluyen serpentinita, filitas, mármoles, gneises, pegmatitas, eclogitas, anfibolitas, todas en una matriz argilítica serpentínica. Todas estas unidades, a excepción del basamento metamórfico, son cuerpos alóctonos provenientes del piso oceánico preexistente a la colisión de los bloques Maya y Chortis. En el valle se encuentran depósitos de cenizas pomáceas que han sido depositadas eólicamente y en parte retrabajadas por agua. También, en algunas localidades se observaron depósitos relativamente recientes producto de deslizamientos que se han caracterizado como coluviones. En el lecho de algunos ríos y quebradas, principalmente en el valle, se encuentran depósitos recientes sin consolidar de arenas, guijas, gujarros y cantos rodados, que en conjunto conforman aluviones.

En cuanto al Bloque Chortis, es difícil establecer una traza específica que limite al norte la Zona de Sutura de Motagua, en este estudio se ha considerado que consiste en un sistema de segmentos de fallas que corren tanto al norte como a lo largo del río Motagua, en la base de la Sierra de Las Minas; mientras que el límite sur es la falla de Cabañas, todo lo que está al sur es estrictamente el Bloque Chortis, identificado principalmente por el afloramiento en ventanas del Complejo Las Ovejas o Filitas San Diego, más al sur. Por fines prácticos se ha reunido la estratigrafía tanto de la Zona de Sutura como del Bloque Chortis en una sola columna, misma que se describe en forma general a continuación. El basamento del bloque Chortis en su parte norte, inmediatamente al sur de la falla Cabañas es el Complejo Las Ovejas, en el área se presenta compuesto por gneises cuarzo feldespáticos. En otros estudios se ha incluido dentro del Complejo una cuerpo intrusivo de diorita que se presenta paralelamente a la falla Cabañas, sin embargo, considerando criterios de deformación principalmente, el suscrito considera que este intrusivo sea mucho más reciente que el Complejo, por lo que se presenta como una unidad individual. Más arriba se presenta nuevamente un conjunto de unidades litológicas alóctonas que al igual que en el bloque Maya, se encuentran cabalgando el basamento metamórfico. La unidad de peridotita serpentinizada se presenta en la zona de sutura como cuerpos aislados y no se observó su base e igualmente puede estar sobre basamento del Grupo Chuacús o sobre el Complejo Las Ovejas, como se muestra en la figura. Al igual que en la estratigrafía del Bloque Maya, en la parte sur del cuadrángulo aflora un paquete de filitas de carácter máfico y que se encuentran subyaciendo la unidad superior de calizas. La unidad más sobresaliente topográficamente es la caliza Cerro de la Virgen que se presenta cabalgando el Complejo Las Ovejas y la unidad de filitas descritas atrás, la unidad es predominantemente caliza y a veces se encuentra marmolizada; además se caracteriza por su alto grado de deformacional. Unidades sedimentarias más recientes se encuentran principalmente en la Zona de Sutura, limitadas por fallas. La unidad que se ubica más al sur es la Formación Guastatoya consistente en conglomerados, areniscas y lutitas, principalmente; en el campo no se observa alguna relación estratigráfica con la Caliza Cerro de la Virgen, p.ej. una discordancia, únicamente en la parte oeste del cuadrángulo se

presentan separadas por fallas de desplazamiento lateral. Más hacia el norte, separados por fallas de desplazamiento lateral, se encuentra la Formación Subinal, una unidad mejor estratificada que la anterior, compuesta de conglomerados, areniscas, lutitas y carbonatos. Esta unidad se presenta en una faja de extensión aproximada este-oeste y limitada tanto al norte como al sur por fallas. Debajo de esta unidad se incluyen las Capas Palo Amontonado, consistentes en areniscas y lutitas que se caracterizan por contener dos capas conspicuas de caliza. Sobresaliendo arriba de los afloramientos de la Formación Subinal se encuentran coladas de basalto asociadas con depósitos de ignimbritas. Los depósitos más recientes consisten cenizas pomáceas eólicas y retrabajadas localmente, así como coluviones y aluviones.

En los capítulos siguientes se hace una descripción de las unidades litológicas existentes en el cuadrángulo. Se debe tomar en cuenta que las descripciones se hacen considerando relaciones cronológicas relativas, y no se diferencia entre uno u otro bloque.

Gneis cuarzofeldespático. Complejo Las Ovejas.—De acuerdo a algunos autores, p.ej. LAWRENCE (1975), el Complejo Las Ovejas comprende una buena parte del margen sur del cuadrángulo El Progreso, sin embargo, en este informe se sugiere que la mayoría de lo que se considera como parte del Complejo, en este cuadrángulo, podría ser en realidad parte del conjunto de intrusivos de edad Cretácica y Terciario aflorantes al sur de la Falla Motagua. Se considera que el Complejo Las Ovejas se proyecta desde un afloramiento al sureste del cuadrángulo El Progreso hacia el este, pasando por los cuadrángulos San Agustín Acasaguastlán, Zacapa, Gualán y La Unión; de acuerdo a la traza estructural y por información de varios autores (i.e. GORDON, 1997), rocas similares afloran al norte de Honduras.

El área de afloramiento del Complejo Las Ovejas en el cuadrángulo El Progreso se reduce a apenas 2 km², y debido a la cobertura de coluvión en la parte sur del cuadrángulo, el contacto sur del complejo no se observa claramente. De acuerdo a LAWRENCE (1975), el contacto sur de esta unidad con la Caliza Cerro La Virgen es una falla inversa con buzamiento abrupto hacia el norte, comúnmente de 80 grados. Igualmente, el contacto norte no es observable debido a una escandalosa cobertura de clastos de basalto a lo largo de ese margen. En el cuadrángulo adyacente al este, el contacto norte del Complejo es una disconformidad angular donde la Formación Guastatoya fue depositada sobre una superficie erosional de Las Ovejas.

El Complejo Las Ovejas ha sido descrito como un complejo basamental parcialmente granitizado, consistente en un arreglo interestratificado de mármoles y material granítico de cuarzo y feldespato, dioritas bandeadas y anfibolitas, expuestas al sur de la Falla Cabañas (BOSC, 1971).

Considerando la litología predominante del complejo, se ha sugerido que un metamorfismo dinamotermal, progresivo y regional de facies anfibolita afectó esta unidad en los cuadrángulos El Progreso y San Agustín Acasaguastlán (LAWRENCE, 1975).

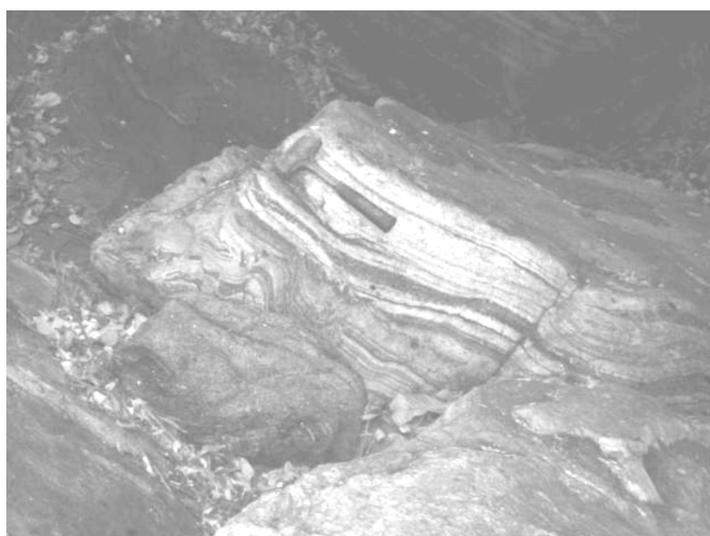
En este estudio se considera que únicamente una porción de la esquina sureste del cuadrángulo El Progreso, contiene rocas del Complejo, y estas consisten mayormente en gneis de cuarzo+feldespato+anfíbol+plagioclasa; debido a que presenta un bandeamiento incipiente, valdría clasificarlo como *gneis bandeado*. La foliación local está entre N 20 – 30 E, buzando abruptamente hacia el sureste, alrededor de 80°.

La base del Complejo no se expone en el área de estudio. Probablemente, las rocas metaígneas de mayor grado metamórfico, expuestas en Zacapa pueden representar una parte estratigráficamente inferior de la sección Las Ovejas, sobre la cual se depositó la sección del cuadrángulo El Progreso.

Se desconoce la edad deposicional de los metasedimentos del Complejo Las Ovejas. SCHWARTZ (1976) consideró que las rocas metasedimentarias y metavolcánicas en el área Zacapa son del pre-Pensilvánico Temprano basado en una correlación tentativa con esquistos micáceos y gneises de facies anfibolíticas en el norte de Honduras. MULLER (1979), HORNE Y OTROS, (1976), presentaron dataciones de un metaintrusivo granítico a diorítico que intruye estas rocas, con una edad de 305 ± 12 m.a., y que se asumió era correlacionable con el complejo metaintrusivo de Zacapa. Schwartz estuvo de acuerdo con Horne y otros, que los sedimentos originales de Las Ovejas se depositaron antes del Pensilvaniano Temprano y fueron primero metamorfizados e instruidos durante el Pensilvaniano Temprano-Medio.

Migmatitas. Grupo Chuacús.—En el cuadrángulo El Progreso existen por lo menos dos zonas donde afloran rocas que se presentan en capas melanocráticas y leucocráticas contorsionadas y falladas, una zona de aproximadamente medio kilómetro cuadrado al suroeste de Morazán, en la aldea Santa Gertrudis, Fotografía 3.1; y otra zona mucho mayor de aproximadamente 7 km² al este del cuadrángulo.

El afloramiento de la aldea Santa Gertrudis se caracteriza por la presencia de



Fotografía 3.1. Migmatitas en Quebrada Honda, aldea Santa Gertrudis.

capas centimétricas plegadas y dislocadas por pequeñas fracturas que rompen su continuidad horizontal. La porción leucocrática está compuesta principalmente de cuarzo y feldespato potásico, con biotita y plagioclasa como accesorio; mientras que la porción melanocrática presenta biotita, muscovita, anfíbol (hornblenda ?) y cuarzo. Un componente importante en ambas fases es granate. Hacia el oeste, en el caserío El Coyote, a lo largo de la carretera aflora otra porción muy reducida de esta unidad y presenta un contenido mayor de anfíbol en la facies melanocrática; se presenta igualmente replegada y fallada.

Al oeste de la aldea El Mojón, se observa una relación por fallamiento entre esquistos anfibolíticos y anfibolitas, y migmatitas. Fotografía 3.2.

En cuanto a sus relaciones de contacto, esta porción se presenta prácticamente rodeada por la unidad de mélange, la cual es un alóctono de edad Cretácica. Tomando en consideración este hecho y también teniendo en cuenta que la unidad de migmatitas probablemente pertenezca al Grupo Chuacús del Paleozoico, se debe evaluar la posibilidad de que esta



Fotografía 3.2. Migmatitas al oeste de aldea El Mojón, en el Cuadrángulo El Chol.

unidad, las migmatitas, consistan en una *ventana tectónica* por donde aflora el basamento cristalino de la Sierra de Las Minas, o por otro lado, que estas migmatitas hayan sido arrastradas del basamento e incluidas en el mélange, cuando ocurrió el cabalgamiento. En todo caso, las relaciones de las migmatitas con las unidades circundantes es por fallamiento, tal y como se observa en la quebrada Honda, donde se observa un cabalgamiento con buzamiento hacia el sur, del mélange sobre las migmatitas. El suscrito apoya la segunda propuesta

En el extremo este del cuadrángulo, al noroeste de la aldea Ixcanal, aflora una zona de migmatitas más extensa y de aparente mayor grado metamórfico, lo cual se sugiere por la abundancia de intrusivos pegmatíticos, por la mayor granulometría de las rocas y por su textura granítica.

Las capas leucocráticas presentan una composición similar a la mencionada para el área al oeste, consistente en cuarzo, feldespato potásico, biotita, moscovita y albita; y las capas melanocráticas contienen biotita, anfíbol y cuarzo. El contenido de granates es localmente significativo para ambas fases.

El aspecto sobresaliente en esta zona es la existencia de pegmatitas, de las cuales por lo menos dos están siendo explotadas para aprovechar el feldespato potásico, además presentan cuarzo y moscovita. Su

carácter no zonado y simplicidad en composición mineralógica sugieren que estas pegmatitas son de origen metamórfico, producto del grado metamórfico alcanzado por las migmatitas, mismo que ha ocasionado la movilización de gases y volátiles y su posterior migración hacia zonas de menor presión, i.e. zonas de falla o cizalla. Otro aspecto que apoya esta idea es el alto grado de alteración que presentan las migmatitas, principalmente por argilitización.

El límite sur de esta porción es la continuación de lo que BOSC (1971), ha llamado Falla San Agustín Acasaguastlán, un sistema inverso con inclinación hacia el sur. Esta falla contrapone las migmatitas al norte con peridotita serpentizada al sur; al norte, se presenta una relación estructural similar, con la variante que ahora las migmatitas están cabalgando sobre peridotita serpentizadas. En este punto es necesario considerar nuevamente la posibilidad de que estas migmatitas consistan en una ventana tectónica del basamento cristalino de la Sierra de Las Minas o que sólo sean bloques arrastrados durante el cabalgamiento. Por las relaciones estructurales y la litología circundante la segunda idea sigue teniendo mayor peso.

En cuanto a la edad de Grupo Chuacús, esta es aún incierta. Se ha mencionado que al este, en las Montañas del Mico, se encuentra cubierto por rocas del Grupo Santa Rosa por una disconformidad, aunque no se descarta la posibilidad de un contacto fallado; esta relación establece una edad mínima de pre-Pérmico Temprano, posiblemente pre-Pensilvaniano para el Grupo Chuacús (MCBIRNEY, 1963).

Granulita. *Grupo Chuacús (?)*.—El término *granulita* se utiliza para referirse a rocas metamórficas de textura fanerítica, masiva y granoblástica que, debido a la predominancia de granos iguales, tales como cuarzo y feldespato, carece de foliación. Los minerales máficos pueden ser piroxenos y granate. Tales rocas son típicas para facies de granulita anhidra de alto grado metamórfico y algunas veces se designa como *granofelsa* (BEST, 1982). Según este autor, las asociaciones de facies granulita aparentemente se forman bajo condiciones catazonales bajas en agua, traslapando, al menos en parte, el rango de P-T de la facies anfibolita. La justificación de este criterio recae en la ocurrencia de capas de asociaciones de facies anfibolítica intermezcladas con facies granulita.

MORÁN (2000) en un estudio realizado en el Cuadrángulo Granados, reporta una unidad conformada por anfibolitas, gneises de cuarzo-mica, esquistos biotíticos, augen gneis y granulitas(?). Este autor se refiere a un bandeamiento rítmico de anfibolitas y capas cuarzo feldespáticas que podrían tener relación al traslape de facies anfibolíticas con facies granulíticas sugeridas por BEST. MORÁN menciona que las granulitas están segregadas dentro de las anfibolitas, lo que se muestra en la carretera que comunica a la aldea Ixchel, desde Granados, Baja Verapaz.

En el Cuadrángulo El Progreso existe una zona de afloramientos de rocas granoblásticas (gnéicas cerca del contacto con los esquistos), faneríticas, compuestas principalmente de cuarzo, feldespato y hornblenda, con una abundancia relativa de granate almandino. De acuerdo a la literatura, esta roca podría ser calificada como *granulita* y es el criterio que se aplica en este reporte.

Una descripción importante es la propuesta por ROPER (1978) en una descripción de la estratigrafía del Grupo Chuacús sobre el lado sur de la Sierra de Las Minas. Él incluye la unidad de granulitas en la base de la Formación Jones pero las denomina como *gneis de hornblenda*, el cual contiene diques félsicos que han sido reconocidos únicamente en la parte noreste del Cuadrángulo El Progreso. La lado noroeste de esta unidad es conformable con y gradúa a esquistos y gneis de mica de la Formación Jones. El límite sur no es claro. Él cree que esta unidad está en la parte inferior de la secuencia metasedimentaria por las siguientes razones: (1) su bandeamiento de flujo, tamaño grande de cristales, y minerales de mayor temperatura tales como hornblenda en vez de tremolita, plagioclasa andesítica (An 25-33) sugiere temperaturas mayores de cristalización y mayor movilización que litologías arriba en la secuencia; (2) está asociado con el área de grado metamórfico más alto en esta región.

Según ROPER, la composición química del gneis de hornblenda es más máfica que el rango químico que NEWCOMB (1975) delineó para la Formación San Agustín, pero es consistente con otras litología de la Formación Jones. Se desconoce el significado estratigráfico y petrológico. Podría ser una porción transportada de Formación Jones sin descartar la posibilidad de que sea un plutón.

El primero en hacer referencia a estas rocas como granulitas, fue MILIÁN (1998) para describir una roca de textura granulítica, que se caracteriza por contar con una textura primaria granoblástica o poligonal heterogranular, sobrepuesta por una textura pseudo-poikiloblástica. Basado en la observación de que los cristales forman uniones triples, sugiere que la roca se ha desarrollado en un ambiente térmico elevado. La textura secundaria o pseudo-poikiloblástica se superpone a la textura primaria, plagando a los cristales primarios de inclusiones . . . Los principales minerales primarios presentes son ortosa, albita, cuarzo, hornblenda, hiperstena y almandino (?), epidota y metálicos.

La localidad tipo para esta unidad es la aldea Comaja, específicamente donde se encuentran las turbinas de generación hidroeléctrica; aquí se observa que existe un contacto gradual con la sobreyacente unidad de esquistos micáceos. Los esquistos empiezan a perder considerablemente su contenido de micas y aumenta el de feldespato y cuarzo, haciéndose más masiva la roca. En algunos tramos no muestra foliación y la textura es granoblástica. También se observa una interestratificación de esquistos micáceos y capas granoblásticas de cuarzo y feldespato, los granates están en ambas unidades.

Sobre el lado oeste de la zona de afloramiento, en el Cerro El Matochal, y en la carretera que desciende a la aldea Jute de la Cobana, se observa la misma relación de interestratificación.

En este reporte, esta unidad se ubica como parte de la Formación San Agustín, y no de la Formación Jones como lo sugiere ROPER, esto debido a que, como posteriormente se ampliará, lo que el suscrito considera Jones podría ser en realidad metasedimentos del Grupo El Tambor; si esto es cierto, entonces la zona de afloramiento de la unidad de granulitas puede ser una ventana tectónica donde aflora el basamento cristalino de la Sierra de Las Minas. Otro criterio para ubicarlo en la Formación San Agustín es que esta Formación típicamente está conformado por metagranitoides y migmatitas, rocas de alto grado metamórfico.

La relación de contacto gradual entre los esquistos micáceos y las granulitas permite y obliga a hacer por lo menos dos sugerencias al respecto. (1) la graduación de esquistos a granulitas es debido al cabalgamiento de las primeras sobre las segundas, lo cual permitió una mezcla estratificada de ambas rocas, y (2) que la unidad de granulitas sea una fase de mayor grado metamórfico de los esquistos, y por lo tanto debería incluirse dentro del Grupo El Tambor. Aquí se retoma lo sugerido por BEST (1982) acerca del traslape de facies granulíticas con anfibolíticas, originándose una interestratificación de ambas.

Peridotitas Serpentinizadas. Grupo El Tambor.—Los afloramientos de peridotita serpentinizada existentes en el Cuadrángulo El Progreso afloran al norte de la Falla Cabañas, en el margen sur del área; de acuerdo a la clasificación de BECCALUVA *et al*, 1990, pertenecen a la unidad NM descrita por ellos. De acuerdo a rasgos fisiográficos y relaciones de campo, se observa que muchos cuerpos de peridotita serpentinizada se encuentran cabalgando sobre el basamento que variablemente pueden ser filitas, esquistos, gneises u otras unidades de carácter ofiolítico.

Existen variaciones mineralógicas y por ende texturales en la petrografía de los cuerpos serpentiníticos del cuadrángulo; esto permite sugerir que el grado de serpentinización no es uniforme y aparentemente es mayor a lo largo de la Zona de Falla del Motagua, mientras que en sitios más hacia el norte, sobre la Sierra de Las Minas, existe una mejor conservación de la litología peridotítica original. Al hacer una análisis estructural de la parte norte del cuadrángulo, se observa que la traza general del fallamiento es N60E, formando un ángulo de aproximadamente 20° con la traza de la Falla Cabañas. Aparentemente, en forma paralela a esa traza, N60E, hacia el noroeste, existe una graduación de serpentinización, estando el mayor grado en la parte baja y disminuyendo hacia el NW. Esto se observa a lo largo de la carretera que de El Rancho conduce a Morazán, aunado a la presencia de bandas de cizalla de bajo ángulo; como se observa frente a las antiguas oficinas de Guatel, en El Rancho.

La litología típica a lo largo de la Zona de Falla Motagua consiste en serpentinita cizallada, la cual es verde a azulada, compuesta de crisotilo-lizardita. Las texturas ígneas originales han sido borradas por la deformación penetrativa bajo presiones no hidrostáticas, por lo que son difíciles de identificar. Los afloramientos muestran una multitud de superficies estriadas de deslizamiento. Otro rasgo sobresaliente en la

petrografía en la parte baja de la sección es la alteración carbonática que se manifiesta en *stockworks* de calcita y magnesita. Esto probablemente sea debido a la serpentización completa de los ortopiroxenos y olivinos, proceso por medio del cual se liberó Ca que provocó metasomatismo de Ca cuando migró fluidalmente en las rocas circundantes (BEST, 1982).

En el ascenso desde el cruce a Morazán, Km 102, hacia La Cumbre, inicialmente se observa un ejemplo sobresaliente de pseudoestratificación cumular; las estructuras de superficies estriadas y brillantes son menos evidentes, la serpentinita empieza a presentar en forma masiva. Las texturas relictas de la peridotita original son ahora mejor observables en un agregado en forma de malla de minerales secundarios de serpentina; son comunes las vetas de serpentina fibrosa o asbesto. La granulometría es gruesa, se observan cristales xenomórficos relictos de olivino y piroxeno. En los piroxenos se observan inclusiones de magnetita y posiblemente cromita.

En el caserío San Diego empiezan a aparecer inclusiones tectónicas de anfibolita y mélangé. En la finca Los Leones la serpentinita es predominantemente masiva y blocosa en fractura.

Existe un rasgo fisiográfico sobresaliente en la parte noroeste del cuadrángulo, conocido como Cerro Gordo. Este cerro consiste en un cuerpo alóctono obducido sobre esquistos micáceo granatíferos, compuesto de serpentina masiva. Un aspecto sobresaliente en la petrografía de este cuerpo es la textura, puesto que se observa una segregación de cuerpos de formas octogonales de peridotita casi inalterada, en tamaños de van desde los 5 cm hasta los 20; estos cuerpos a veces están incompletos pero las caras remanentes sugieren las formas mencionadas. Estos relictos son de peridotita sin alterar y están dispersos en una matriz de serpentinita masiva; las formas posiblemente sean producto de los esfuerzos de cizalla a que estuvo sometido este cuerpo.

La edad de los diferentes cuerpos de serpentinita es difícil de establecer. MCBIRNEY (1963) sugirió que las rocas ultramáficas pueden representar el basamento sobre el cual los metasedimentos Chuacús fueron originalmente depositados, lo cual implicaría que las serpentinitas son al menos Paleozoico; una idea hoy inaceptada. MULLER (1979) menciona el hallazgo de cherts radiolariosos sobreyaciendo lavas en almohadilla que proveen una edad mínima del Valanginiano Superior-Aptiano. Aunque una edad máxima no puede ser definitivamente inferida de datos geológicos existentes, la falta de sedimentos pelágicos pre – Cretácico Temprano sobreyaciendo las lavas en almohadilla sugiere fuertemente una edad Cretácico Temprano-Medio. Esto cae dentro de la edad Tithoniano-Santoniano reportado para el Complejo de Nicoya, una ofiolita de Costa Rica y es consistente con la formación de corteza a través de la región del Caribe.

FOURCADE *et al*, 1995, establecen que cuerpos grandes de serpentinitas, basaltos almohadillados tholeiíticos y pedernales radiolariosos poco frecuentes, todos del Cretácico, ocurren en Guatemala a lo largo de las dos fallas activas Polochic y Motagua . . . El emplazamiento de las ofiolitas, en el Bloque Maya durante

tiempos del Cretácico Tardío fue demostrado por WILSON (1974), ROSENFELD (1981) y ANDERSON *et al.*, (1985). Además, investigaciones recientes han documentado una edad del Maastrichtiano para el cabalgamiento de las ofiolitas en el Bloque Maya.

Anfibolita. *Grupo El Tambor.*—Las anfibolitas pueden formarse a través de metamorfismo de protolitos basálticos, diabásicos y gabróicos, compuestos principalmente de plagioclasa cálcica y piroxenos, asimismo, si la presión nohidrostática es significativa durante la recristalización, se pueden formar pizarras, filitas, esquistos, y gneises mineralógicamente equivalentes (BEST, 1982).

En la parte oeste del Cuadrángulo El Progreso se encuentran asociados a los cuerpos de serpentinita y peridotita serpentinizada, cuerpos fallados de anfibolita. Así como se han reconocido en esta zona, también en otros cuadrángulos, a lo largo de la Zona de Sutura del Motagua, se encuentra la misma asociación serpentinita-anfibolita, principalmente en los cuadrángulos El Chol y Granados, y al sur en el cuadrángulo San Diego: estos afloramientos de anfibolita posiblemente corresponden a equivalentes metamórficos de protolitos basálticos. Dentro del Grupo Chuacús también existen unidades anfibolíticas en varias localidades de la Sierra de Las Minas y Chuacús, estas se asocian a esquistos y/o mármoles (MCBIRNEY, 1963); no se conoce de análisis químicos realizados para establecer la diferencia entre las anfibolitas de El Tambor y el Grupo Chuacús.

En la hoja Sanarate posiblemente existe una de las zonas de afloramiento más extensas de Guatemala, estas fueron llamadas originalmente Anfibolita Sansare (LAWRENCE, 1975) un miembro de lo que con anterioridad se conocía como Formación El Tambor. Este autor menciona que la unidad es completamente anfibolita, sin interestratificaciones de filita, y que es de aproximadamente 3,000 m de espesor. Esto por supuesto implica que la anfibolita Sansare sea la porción más inferior de la sección de la Formación El Tambor. La anfibolita se considera como una acumulación de flujos de basaltos sin sedimentos, estratigráficamente abajo, pero en continuidad con el resto de la Formación El Tambor; esta descripción se aplica para anfibolitas que afloran sobre el Bloque Chortis, al sur de la falla Cabañas. No afloran en el cuadrángulo El Progreso.

En el cuadrángulo El Progreso la anfibolita se presenta en dos modos: como bloques fallados de áreas de kilómetros cuadrados asociados a serpentinita, y como bloques exóticos incluidos dentro de una matriz argilítica y serpentinitica, dentro de la unidad de Mélange. En este apartado nos conciernen los primeros.

El cuerpo más grande abarca aproximadamente 4 km² y en afloramiento es de color verde oscuro, en superficie meteorizada la tonalidad es más clara y presenta un teñido anaranjado, puede presentar un veteadado de cuarzo, feldespato o calcita. Su mineralogía típica consiste en hornblenda, plagioclasa, glaucofana, de

textura nematoblástica; aunque no es una característica general, localmente se ve una abundancia de granate almandino. A lo largo de la ruta 17, en el caserío San Diego y en el ascenso a la aldea Buena Vista existen excelentes ejemplos de anfibolita con los rasgos mencionados.

Existen varios afloramientos de anfibolita que no se muestran en el mapa adjunto a este informe, se han mostrado únicamente aquellos de extensión considerable o cartografiable. Sin embargo, es necesario mencionar que dentro de muchos cuerpos serpentínicos se observan inclusiones tectónicas de anfibolita. El origen de estas inclusiones podría explicarse al considerar que dentro de una sección ofiolítica típica se incluyen gabros, diabasas y finalmente basaltos; y que estas rocas por metamorfismo pueden convertirse en anfibolitas.

Al igual que con las serpentinitas, la edad de los diferentes cuerpos de anfibolita es difícil de establecer. Al considerar este aspecto es necesario tener presente que en la Sierra de Las Minas y Sierra de Chuacús, sobre las cuales han sido obducidos estos cuerpos, presentan por lo menos dos unidades de anfibolitas: el que se describe en este apartado y otra serie de cuerpos interestratificados dentro del Grupo Chuacús, asociado a mármoles y esquistos; no se conoce algún estudio que realice una comparación en la petrogénesis de ambas litotipos.

Sin embargo, vale la pena mencionar estudios realizados por MULLER (1979), quien describe anfíboles pleocroicos de grano fino a medio, de color amarillo verdoso a verde azulado que comprende 3 – 8 por ciento de algunos esquistos del Grupo Chuacús. Él realizó el análisis de tres granos de anfíboles con microsonda electrónica para compararlos químicamente con anfíboles verde azulados del estructuralmente sobreyacente Complejo La Pita. Las composiciones varían de hornblenda ferroedenítica en los núcleos a ferroactinolita en las orillas, y así, son consistentes con temperaturas bajas durante metamorfismo retrógrado. De estos análisis concluye que existe evidencia de condiciones diferentes de presión-temperatura (de formación y reequilibrio) entre los anfíboles cálcicos del Grupo Chuacús y del Complejo La Pita. Los anfíboles de La Pita se formaron a altas presiones, puesto que al realizar el ploteo, caen en el campo de las rocas Franciscanas y Sanbagawa. Los anfíboles del Grupo Chuacús, sin embargo, plotean dentro del campo de rocas Dalradianas, consistentes con asociaciones minerales de kyanita – estaurolita reportadas al oeste (MCBIRNEY, 1963).

El primero en mostrar el cambio progresivo de la mineralogía en rocas de composición similar sobre una escala regional fue el geólogo británico George Barrow (1893). Él examinó parte de las series Dalradianas en los Altiplanos Escoceses al suroeste de Aberdeen, y es allí donde se observan las clásicas zonas Barrovianas. Por otro lado, en referencia a las rocas Franciscanas y Sanbagawa, se cree por parte de algunos investigadores (MIYASHIRO, 1973) que antes de la descendencia de la zona rift, la tasa de subducción puede ser particularmente rápida. Fajas metamórficas de alta presión se forman hasta que la zona rift empieza a descender; el descenso de la zona rift resulta en un gradiente geotérmico alto, que termina con el

metamorfismo de alta presión. Esta situación puede haber ocurrido tanto en Estados Unidos como en Japón. En el oeste de Estados Unidos esto ha resultado en la formación del cinturón metamórfico de alta presión Franciscano, y en Japón, el cinturón Sanbagawa. EHLERS Y BLATT (1982).

En el marco tectónico regional los resultados de los análisis realizados por MULLER (1979) tienen mucha trascendencia e importancia para la interpretación de la naturaleza metamórfica. El hecho de la coexistencia de rocas de gradientes de P/T diferentes permite evocar la idea propuesta por MIYASHIRO (1973) quien antes de que se concibiera la idea de la tectónica de placas, reconoció que en terrenos del Mesozoico-Cenozoico de la región circum-Pacífico existen *fajas metamórficas apareadas*, como en Japón. La faja de P/T altos con sus ofiolitas juxtapuestas tectónicamente asociadas y sedimentos de fosa, generalmente yace más cerca al mar y adyacente a la fosa oceánica (i.e. Grupo El Tambor). Más lejos, en tierra está la segunda faja de rocas metamórficas de P/T bajos y rocas graníticas calcoalcalinas asociadas (i.e. Grupo Chuacús).

El suscrito considera que las anfibolitas existentes en el cuadrángulo El Progreso son efectivamente parte del conjunto de rocas que han sido obducidas sobre el basamento de la Sierra de Las Minas, y en este estudio se incluyen en el Grupo El Tambor: su mineralogía es típica de metamorfismo de alta presión, principalmente por la existencia de glaucofana y existen rocas asociadas con jadeíta.

Al igual que con las serpentinitas, la edad puede ser igualmente difícil de establecer aunque FOURCADE *et al*, 1995, establecen que cuerpos grandes de serpentinitas, basaltos almohadillados tholeiíticos y pedernales radiolarios poco frecuentes, todos del Cretácico, ocurren en Guatemala a lo largo de las dos fallas activas Polochic y Motagua. Investigaciones recientes han documentado una edad del Maastrichtiano para el cabalgamiento de las ofiolitas en el Bloque Maya.

Pizarras y filitas. *Grupo El Tambor.*—Las rocas que conforman esta unidad han sido descritos por otros autores en cuadrángulos adyacentes a El Progreso.

SCHWARTZ (1976) describe rocas expuestas en el graben San Vicente cerca de Huité como esquistos de actinolita verde oscuro predominantemente bien foliadas. Esta roca se caracteriza por albita sub-equigranular, macroscópica de 1 mm a 3 mm de sección, dándole a la roca una apariencia moteada distintiva. Filita gris y negro interestratificada con filita verde oscuro a claro de grano fino (y esquisto de grano fino), y menos chert negro grisáceo y verde, forman la litología en los cerros al este y sur de San Vicente. El término filita se utiliza como término amplio de campo. La roca es variable en textura y puede graduar localmente en pizarra o lutita. La filita gris está a menudo bien laminada y localmente también se desarrollan vetas de cuarzo altamente plegadas. La filita verde de grano fino, que puede graduar localmente en esquisto de clorita o

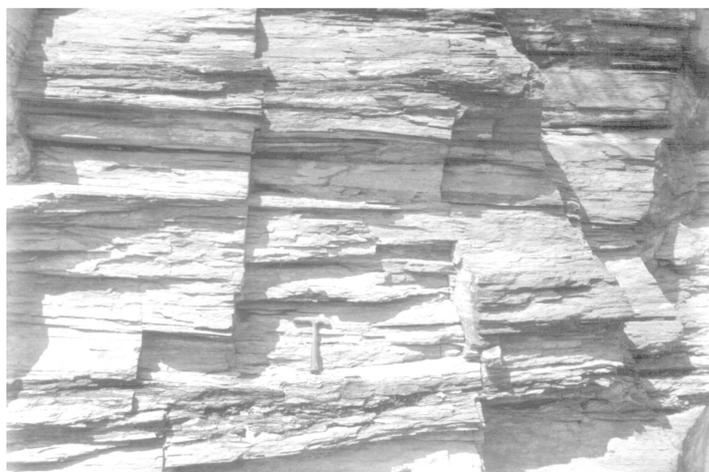
actinolita de grano fino, está a menudo bien bandeada con capas verde oscuro y amarillo claro en la escala de varios centímetros. Las bandas más claras son ricas en albita.

LAWRENCE (1975), describe unidades ricas en filita consistentes primariamente de bandas alternantes de cuarzo y cuarzo-clorita-muscovita-grafito-albita, en el orden de los 0.3 a 10 cm. Las vetas perpendiculares son comunes, como lo es la presencia de estratificación incipiente cortando el primer sistema. La formación de una segunda dirección de estratificación metamórfica está acompañada por formación de boudines a partir de capas de cuarzo previamente existentes. Cierta estratificación sedimentaria primaria puede ser vista, incluyendo laminaciones de 1 – 10 mm de lodolita o limolita. No se detectó estratificación gradual, puesto que la mayoría de granos han sido recristalizados o deformados. Capas de uno a diez metros de esquistos de actinolita-clorita-epidota-albita-cuarzo, laminados en la escala de 0.5 – 10 cm (variación en la proporción de minerales máficos a cuarzo-albita) se hallan en algunas partes de la sección filítica. Estas capas representan tobas, flujos delgados, o capas de grawaca.

En el cuadrángulo El Progreso afloran filitas y pizarras tanto al norte como al sur de la Zona de Falla del Motagua, y entre ambas zonas existen ciertas diferencias petrológicas.

En el margen sur del cuadrángulo, en el flanco sur del Cerro El Pinal se observa una alternancia de filitas grisáceas y negras, interestratificadas con filita verde oscuro a claro de granulometría fina; existen láminas de chert negro gris a verde. La filita gris está a menudo bien laminada y localmente también se desarrollan vetas de cuarzo. La filita verde de grano fino está a menudo bien bandeada con capas verde oscuro y amarillo claro en la escala de varios centímetros. El protolito sedimentario original de estas rocas posiblemente eran grawacas ricas en olivinos y piroxenos, debido a que actualmente las rocas presentan esa tonalidad verdosa y meteorización talcosa que sugiere serpentización; esta idea se fortalece si se acepta el hecho de que esta unidad de filitas son metasedimentos que se depositaron sobre el piso oceánico, producto de la meteorización de rocas basálticas que componen la corteza oceánica.

El otro conjunto de afloramientos se presenta en una faja discontinua al norte y paralelamente a la Falla San Agustín Acasaguastlán, desde la aldea Tierra Blanca, al suroeste de la cabecera municipal de Morazán, hasta la aldea Tulumaje. Fotografía 3.3. En afloramiento estas rocas son semejantes a las descritas en la parte sur del cuadrángulo con



Fotografía 3.3. Filitas limosas que afloran a lo largo de la ruta asfaltada, al sur de Pasasagua.

algunas variantes que se describen a continuación.

En general la unidad presenta filitas, metagrawacas, metaareniscas, láminas y lentes de mármol, metacherts, milonitas y pizarras, su tendencia estructural es aproximadamente este-oeste y los planos de buzamiento son variablemente hacia el norte o al sur. Esta alternancia litológica se manifiesta en variación tonal en los afloramientos: capas negro grisáceas, verdosas, amarillentas, azulosas, de acuerdo a su composición mineral y grado de alteración o meteorización.

La composición mineral se manifiesta por muscovita, calcita, clorita, glaucofana, en menor proporción existe ortoclasa y minerales opacos. Un componente importante en esta zona son capas de esteatita (talco) que posiblemente se originaron a partir de la hidratación de horizontes ricos en silicatos de magnesio (olivinos, piroxenos y anfíboles). Otra fase mineral sobresaliente son los lentes de cuarzo que la mayoría de veces están replegados junto con la unidad, aunque también existen diques de hasta 50 cm que le atraviesan. La textura metamórfica es granoblástica a lepidoblástica, a veces milonítica; se observan aglomeraciones de cuarzo o en textura de mortero asociadas a lentes donde predomina la mica.

Como se ha mencionado, este conjunto de metasedimentos probablemente son aquellos que se depositaron sobre el piso oceánico, producto de la meteorización y erosión de la litología sub-piso oceánico constituido de rocas de composición basáltica; este hecho se justifica por la existencia de metagrawacas, metaareniscas, mármoles, cherts y otras rocas argilíticas.

La edad de estas filitas no está plenamente establecida, existen varios estudios que han sido realizados en microfósiles hallados en horizontes sedimentarios que según sus autores se ubican en niveles estratigráficos similares.

En el cuadrángulo Los Amates, MULLER (1979) describe una secuencia de sedimentos pelágicos y hemipelágicos, silíceos, calcáreos, y volcanoclásticos, localmente conteniendo bloques olistolíticos de caliza platafórmica, y andesita basáltica, que se encuentran en una cuña limitada por fallas que se extiende desde el extremo oeste del Cerro Tipón al río El Pilar. Estas rocas han sido designadas como Grupo El Pilar. El control de edad paleontológica para el Grupo se provee por microfósiles y nanofósiles pelágicos, moluscos y corales fósiles. Radiolarios de las lodolitas silíceas indican un rango de edad del Valanginiano Superior al Turoniano Medio, mientras que foraminíferos pelágicos de la parte media del Cerro Tipón dan una edad del Campaniano a Maastrichtiano inferior. Rudistas del Senoniano y corales de Maastrichtiano ocurren dentro de los bloques de caliza en el Cerro Tipón.

FOURCADE *et al* (1995) describe una sección en el Cerro Tipón e incluye 400 m de margas limolíticas, grawacas y lutitas con foraminíferos de edad Maastrichtiano tardío.

ROSENFELD (1981) realizó estudios en la Sierra de Santa Cruz e incluyó una descripción de la Formación Tzumuy descrita de la siguiente forma: Tzumuy Inferior (argilita silíceo y chert, hacia arriba gradúa a grawaca fina, caliza negra y argilítica silíceo). Tzumuy Medio (grawaca, limolita silíceo, argilitas masivas y arenisca) y Tzumuy Superior (brecha volcanoclástica). Este autor coloca este conjunto de sedimentos en la parte más superior de su sección ofiolítica sugerida para el alóctono de la Sierra de Santa Cruz. Además de la Formación Tzumuy, también presenta unidades de chert y otra formación sedimentaria similar, la Formación Jolomax que se compone de argilita y lentes de caliza. Basado en estudios micropaleontológicos estableció una edad del Cenomaniano Inferior a estos sedimentos.

De acuerdo a esta información, y si se considera la unidad de metasedimentos aflorante tanto al sur del cuadrángulo como al norte de la Falla San Agustín Acasaguastlán, equivalente estratigráfico de los descritos en otras localidades, la edad debería estar en el Cretácico Tardío.

Esquistos Micáceos. Complejo La Pita.--Esta es la unidad más extensa del cuadrángulo El Progreso, consiste en una secuencia metasedimentaria que incluye esquistos micáceos granatíferos, esquistos anfibolítico-granatíferos, gneises, mármoles y cuarcitas, aflora únicamente al norte de la Falla San Agustín Acasaguastlán, sobre el Bloque Maya; afloramientos de este tipo existen en otros cuadrángulos, tales como Granados, El Chol, San Agustín Acasaguastlán y Los Amates.

Existen muchas descripciones de esta unidad realizada por varios autores, todos ellos la colocan como parte del Grupo Chuacús, específicamente de la Formación Jones, una unidad metasedimentaria descrita en el cuadrángulo Río Hondo.

NEWCOMB (1975) fue el responsable de describir y establecer la Formación Jones, conformando junto con la Formación San Agustín, el Grupo Chuacús; esta subdivisión difiere de la establecida por MCBIRNEY (1963). NEWCOMB además realizó otra distinción: la Formación Jones del cuadrángulo Río Hondo era diferente a la del Cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán; esta distinción está basada en que las rocas en este último cuadrángulo presentan un mayor grado metamórfico.

La Formación Jones en el Cuadrángulo Río Hondo, donde originalmente se describió consiste en una secuencia de filitas bandeadas, gris a negro, intensamente deformadas, íntimamente asociadas en algunas exposiciones con mármol sucio y rocas verdes anfibolíticas de grano fino. La formación se estima en contener 75-80% de filita, 10-15 % de rocas verdes, y 5-15 % de mármol. En el cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán, aflora una secuencia de esquistos micáceos, anfibolitas, y mármol de grano grueso. La litología dominante es esquisto micáceo, con anfibolita y mármol subordinados. Basado en la litología,

similitudes estratigráficas y estructurales, estas rocas y sus continuaciones al oeste en el cuadrángulo El Progreso, se consideran como una facies de alto grado de la Formación Jones (NEWCOMB, 1975).

ROPER (1978) realizó una descripción de la estratigrafía del Grupo Chuacús sobre el lado sur de la Sierra de Las Minas. Este autor establece que la Formación Jones presenta una graduación desde Río Hondo hasta San Agustín Acasaguastlán, donde la facies metamórfica es de mayor grado. En el Cuadrángulo El Progreso, específicamente en la esquina noreste, la litología de la Formación es única ya que mucho del esquistos micáceo contiene numerosos intrusivos pegmatíticos pequeños, que pueden representar una extensión de las migmatitas San Agustín. Además de las diferencias mencionadas, la Formación Jones se reconoce en un par de tipos de rocas. Sin embargo, debido a la intensa polideformación y metamorfismo, la relación estratigráfica exacta de estas rocas dentro o con respecto a la Formación Jones no está firmemente establecida. Actualmente se incluyen en la Formación Jones como unidades separadas debido a que la litología de la Formación se encuentra tanto arriba como abajo.

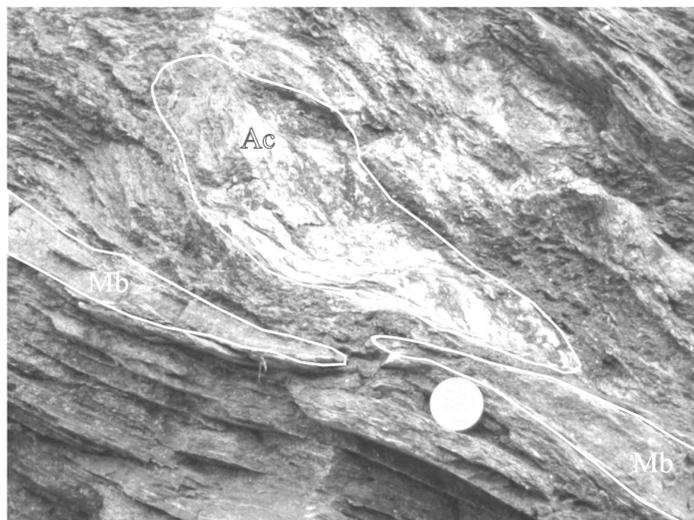
En el cuadrángulo Los Amates, MULLER (1972) realizó una descripción amplia e interesante de una banda angosta de anfíbolita verde oscuro granatífera de grano medio, esquistos de epidota-anfíbol, mármol gris a blanco de grano fino a grueso son lentes de rocas verdes, y cuarcita negra de grano grueso, a lo largo del contacto entre peridotita serpentinizada y el Grupo Chuacús. El espesor mínimo estimado de esta sección es de 300 m. Esta unidad se le conoce como Complejo La Pita.

MORÁN (2000), describe una unidad llamada Esquistos Granatíferos que aflora en la parte norte del cuadrángulo Granados; esta unidad está compuesta de esquistos fuertemente crenulados, cuarcita, mármol y pocas capas gráficas . . . Las cuarcitas son amarillentas con espesores que van de centímetros a metros, suelen contener láminas de mica blanca. . . El mármol es de color blanco a gris, en espesores que llegan a los metros, de granulometría gruesa. . . pueden existir por lo menos dos cuerpos interestratificados dentro de la secuencia. . . Las capas de cuarcita, grafito y mármol están ampliamente distribuidas dentro de la unidad de esquistos granatíferos.

MILIÁN (1998) describe una unidad de esquistos micáceos y gneises en las comunidades de El Conacaste, Jute de la Cobana y Rama de Pino, consistente en 90% de esquistos micáceos con interestratificaciones de gneises cuarzo-feldespáticos y anfíbolitas. Además reporta la existencia de diques pegmatíticos y de cuarzo.

En el cuadrángulo El Progreso, el litotipo más abundante consiste en *esquistos micáceo granatíferos*, los cuales son rocas pelíticas de grano medio a grueso que se caracteriza por textura porfiroblástica.

La mineralogía contenida es cuarzo-muscovita-albita-granate-*biotita-epidota-hornblenda-clorita-calcita*; existen reportes de otros accesorios como turmalina y epidota. Se ha ubicado primero la muscovita debido a que es la predominante aunque a veces lo es la biotita. La clorita se presenta como producto de alteración de granate y a veces asociada a biotita. Cuando los esquistos son anfibolíticos, se observan cristales dispersos de hornblenda sin predominar para cambiar la textura. Fotografía 3.4.



Fotografía 3.4. Afloramiento de esquistos micáceos, mostrando en la parte inferior capas ricas en carbonato, horizontes de mármol (Mb), y aglomeraciones de actinolita y talco (Ac).

Cuando existen, los porfiroblastos más comunes son granates y albita, los cuales sobresalen en las superficies de foliación, como granos recubiertos de biotita. El granate es más común como porfiroblasto en los esquistos, estos pueden ser pre-tectónicos o post-tectónicos; los primeros pueden llegar hasta un cm en sección, son xenoblásticos, presentan inclusiones rotadas a altos ángulos de la foliación envolvente y cubiertas de clorita como producto de alteración. La albita es el otro mineral que se presenta comúnmente como porfiroblástico, de dimensiones inferiores a los granates. Algunos cristales podrían interpretarse como pre-tectónicos debido a su forma xenoblástica y por presentar inclusiones; y otros posiblemente post-tectónicos por estar superimpuestos a la foliación, en una textura helicítica.

En toda la zona de afloramientos es común hallar buenos ejemplos, en el ascenso de la aldea Comaja hasta Los Apantes se observa esta relación de mejor manera.

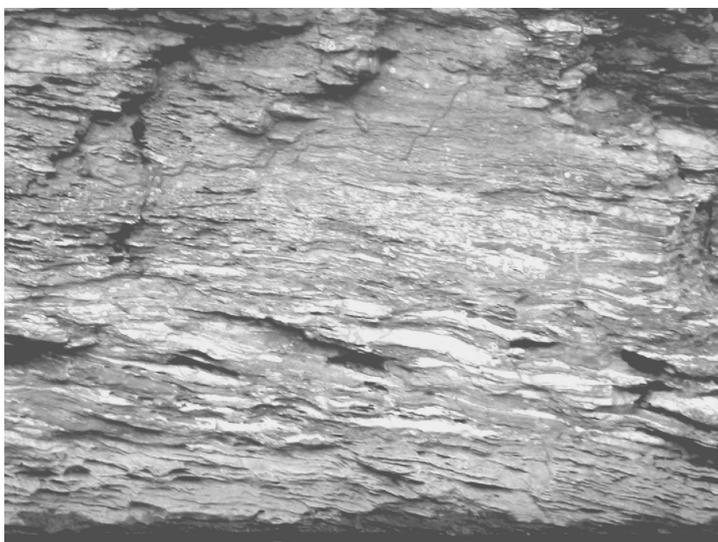
Asociado a estos esquistos, aparentemente interestratificadas, se encuentran *anfíbolitas*, las cuales son de grano medio, se caracterizan por presentar un bandeamiento composicional entre bandas gruesas oscuras y otras delgadas de milímetros de color blanco grisáceo. La mineralogía predominante consiste en anfíbol, generalmente actinolita, menos hornblenda y muscovita, mientras que las bandas claras contienen cuarzo y feldespato además que pueden contener calcita. En estas rocas también es común observar porfiroblastos de granate. Estas rocas fueron caracterizadas mineralógicamente por NEWCOMB (1975), como anfíbolitas de actinolita – *hornblenda* - zoisita – *epidota* - plagioclasa-muscovita-cuarzo-granate-calcita-clorita-biotita, al referirse a rocas del cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán.

Los afloramientos de estas anfibolitas están dispersos dentro de la unidad de esquistos, y en muchas localidades no se llegan a desarrollar completamente las anfibolitas, valiendo para tales la calificación de *esquistos anfibolíticos*, la diferencia básica es la abundancia de micas sobre los anfíboles.

Otro tipo de roca que se encuentra asociado a los esquistos son *gneises de feldespato-cuarzo* a los cuales aparentemente gradúan los primeros; esta graduación se puede observar al norte de la aldea Comaja. Se aprecia la disminución en el contenido de micas y un aumento en el contenido de feldespato y cuarzo, lo cual le da una apariencia masiva a la roca, variando en textura a típicamente gnéisica a bandeada. Otro aspecto relevante es la presencia de diques pegmatíticos y de cuarzo, así como pliegues ptigmáticos con los mismos constituyentes; la conjugación de estos rasgos tanto mineralógicos como estructurales sugieren localmente nombrar a algunos horizontes como *gneises migmatíticos*. La mineralogía básica es feldespato-cuarzo-muscovita-biotita-almantino-clorita.

Principalmente al norte del área, en las aldeas de El Bijagual y Vega del Chile, se observa un mayor contenido en la cantidad de cuarzo, lo cual permite la formación de *cuarcitas*. Estas cuarcitas son de color blanco amarillento a grisáceo, varían en espesor pero la composición básica es cuarzo-muscovita-feldespato-metálicos. Su mayor resistencia a la erosión permite hallársele formando paredes verticales y conspicuas.

Los esquistos también presentan interstratificaciones con *mármol*, Fotografía 3.5, aunque en este apartado se presenta subordinadamente, más adelante se describe una unidad individual consistente únicamente en mármol. Dentro de la unidad de esquistos esta roca se presenta en espesores de láminas hasta alcanzar uno o dos metros, se le observa también como boudines sugiriendo estructuras almohadilladas dentro de los esquistos, Fotografía 3.6, en colores predominantemente grisáceos a negros, de granulometría gruesa, compuestas predominantemente de calcita-muscovita-granates. Al igual que las otras rocas descritas en esta unidad, el mármol se encuentra en localidades dispersas.



Fotografía 3.5. Cambio gradual de esquistos micáceos a mármol, en el Río San Clemente. La sección es de 3 m de alto.

En resumen, esta unidad consiste en una secuencia metasedimentaria replegada y fallada predominantemente de esquistos micáceo granatíferos, anfibolitas, gneises de feldespato-cuarzo, cuarcita y mármol.

La caracterización estratigráfica y cronológica de esta unidad se considera en este estudio como controversial, su ubicación por la mayoría de autores dentro del Grupo Chuacús, principalmente como parte de la Formación Jones, posiblemente sea discutible por varios aspectos; como se ve, en este estudio se sugiere su correlación con el Complejo La Pita,



Fotografía 3.6. Cuerpo almohadillado de mármol dentro de esquistos micáceos, en la entrada a la aldea Plan Carrizo.

posiblemente representando una serie sedimentaria depositada sobre el piso oceánico como producto de la meteorización y erosión de rocas basálticas, así como sedimentos de origen continental y químico marino; esta serie fue posteriormente metamorfizada por lo menos por dos eventos.

De acuerdo a relaciones de campo y litología se sugiere la correlación de esta secuencia con el Complejo La Pita, descrita por MÜLLER (1979) y consistente en anfibolita verde oscuro granatífera de grano medio, esquistos de epidota-anfíbol, mármol gris a blanco de grano fino a grueso son lentes de rocas verdes, y cuarcita negra de grano grueso. Este autor realizó cuatro análisis químicos de esquistos anfibolíticos y rocas verdes, obteniendo composiciones tholeíticas, las cuales presentan contenido significativamente mayores de TiO_2 que las lavas almohadilladas y diques del Complejo Juan de Paz; de acuerdo a esta composición, él propone un protolito ígneo basáltico, consistente en una secuencia intercalada de flujos basálticos con oostras calcáreas. Las cuarcitas asociadas pueden ser horizontes de chert metamorfizado. Asimismo, se sugiere que la secuencia es equivalente en parte a sedimentos pelágicos no metamorfizados del Grupo El Pilar inferior y basaltos almohadillados de la ofiolita Juan de Paz.

De acuerdo al mismo autor, las anfibolitas que contienen capas delgadas de mármol y asociadas con capas cabalgantes de serpentinita al noroeste de El Rancho son probables equivalentes del Complejo La Pita en la región central del Valle del Motagua. Otro aspecto importante es la sugerencia de que las anfibolitas típicas de la Formación El Tambor pueden ser equivalentes temporales de los esquistos anfibolíticos de La Pita.

En este estudio se sugiere que la unidad de Esquistos Micáceo Granatíferos debe ser considerada independiente al Grupo Chuacús y equivalente estratigráfico con el Complejo La Pita por las siguientes razones:

- La unidad de esquistos micáceo granatíferos presenta lentes de mármol de grano grueso, los cuales se hacen dominantes en algunas localidades como finca Montecristo, finca Vista Hermosa, San Clemente, El Tablón, donde forma la unidad de mármol descrita posteriormente, y cuyos sedimentos originales fueron considerados haberse depositado en el Cretácico Temprano a Medio (FOURCADE, *et al*, 1994).
- La unidad de esquistos exhibe las mismas relaciones estructurales con la serpentinita y rocas del Grupo Chuacús como lo hace el Complejo La Pita. Estas relaciones se pueden observar en los cuadrángulos San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, El Chol, y Granados.
- En las descripciones existentes del Grupo Chuacús, el contenido o extensión de esquistos máficos o anfibolitas considerado es sólo un bajo porcentaje (MCBIRNEY, 1963; BOSC, 1971; NEWCOMB, 1975). Más aún, no son comunes las asociaciones de esquistos anfibolíticos-anfibolita-mármol, la única localidad donde se encuentran anfibolitas y mármol interestratificadas está al sur de Rabinal (REQUENA, 1999)
- MÜLLER (1979), basado en observaciones de Miyashiro (1975) acerca de que la coexistencia de hornblenda-epidota-albita-muscovita es característica de zonas de mayor temperatura de cinturones metamórficos de alta presión en Japón, establece que la paragénesis mineral de los esquistos máficos La Pita son indicativos de metamorfismo de alta presión. La muscovita en rocas metabásicas está restringida a metamorfismo de alta presión . . . Ernst (1972) halló que anfíbol cálcico de metabasitas del cinturón metamórfico de alta presión de Sanbagawa, Japón, contenía más Al_2O_3 , SiO_2 , y Na_2O y menos CaO y TiO_2 que los anfíboles en metabasitas de terrenos de presión baja o media. Los datos de anfíboles de La Pita y Chuacús muestran relaciones químicas similares sugiriendo diferencias similares en presiones y metamorfismo. La presencia de anfíbol cálcico moderadamente aluminoso y bajo en TiO_2 en los esquistos máficos de La Pita sugiere que se alcanzaron temperaturas cercanas al límite superior entre 400-500°C.

Si se asume que los Esquistos Micáceos y su diversa litología son metasedimentos depositados sobre piso oceánico, similares al Complejo La Pita, entonces la edad pre-metamórfica del complejo debe ser Cretácico Medio-Inferior. La existencia de paragénesis mineral de alta presión (hornblenda-epidota-albita-muscovita)

sugiere que la unidad es una porción tectónicamente emplazada, sobre un basamento que ha experimentado principalmente metamorfismo regional, el Grupo Chuacús.

Mármol. *Caliza Cerro de la Virgen.*—En la Sierra de Las Minas se han identificado por lo menos dos unidades litológicas consistentes en mármol: el mármol San Lorenzo, un miembro superior de la Formación Jones y la Formación San Agustín; y el mármol que se incluye dentro del Complejo La Pita. La práctica en la aplicación del nombre *San Lorenzo* a cualquier mármol aflorante en la Sierra de Las Minas ha conducido a cometer muchos errores, tal es el caso de varias descripciones que incluyen afloramientos dentro del Cuadrángulo El Progreso. En este estudio se pretende proponer algunos criterios tendientes a establecer algunas bases para realizar una mejor descripción del mármol que aflora en la Sierra de Las Minas, especialmente aquel relacionado a cuerpos alóctonos.

A lo largo de la Zona de Falla Motagua existe una faja discontinua y fallada de mármol, que se ha observado desde Pachalum en el departamento de El Quiché, pasando por los municipios de Granados y El Chol, en el departamento de Baja Verapaz; Morazán, San Agustín Acasaguastlán y San Cristóbal Acasaguastlán, en el departamento de El Progreso. Luego se interrumpe la faja de afloramientos, apareciendo algunos en la aldea Pasabién, Río Hondo, Zacapa; y de allí no afloran hasta Los Amates, Izabal, donde se ha descrito como parte del Complejo La Pita. Este mármol tiene algunos rasgos petrográficos y estructurales consistentes a través de toda la faja de afloramientos. Empezando con la petrografía, esta unidad es predominantemente de grano grueso, de colores variables que incluyen blanco, blanco grisáceo, negro y algunas tonalidades interesantes de rosado, con un porcentaje considerable (5%) de cuarzo, y mica blanca. Este mármol generalmente está asociado a los esquistos micáceo granatíferos, con los cuales se asocia gradualmente, también se presenta asociado con bloques de serpentinita o anfibolita por medio de fallas inversas.

Existe otra serie de afloramientos de mármol y generalmente en una posición topográfica más alta que el mármol anterior, es el Miembro San Lorenzo, de la Formación Jones. La localidad tipo de este mármol es la aldea San Lorenzo, sitio donde se ha estado explotando por lo menos en los últimos cuarenta años; hacia el oeste existen otros afloramientos que se consideran correlacionables con este miembro, pasando por Rabinal en Baja Verapaz hasta Huehuetenango, en la aldea Pucal donde se ha descrito independientemente el Mármol Pucal; hacia el este se conocen afloramientos en las aldeas de Morán y El Tabacal, en Gualán, Zacapa. Este mármol es de grano fino, en partes dolomítico, fétido, sin cuarzo, generalmente asociado con esquistos calcáreos de la Formación Jones.

En resumen, existen por lo menos dos unidades de mármol a lo largo de la Sierra de Las Minas, cuyas diferencias básicas son la granulometría, asociaciones petrológicas, y posición topográfica. En este estudio se

considera que el mármol aflorante en el Cuadrángulo El Progreso es una unidad independiente al Grupo Chuacús, y considerándolo así se presenta su descripción, revisando previamente descripciones de otras localidades u otros autores.

En el cuadrángulo Granados existen varios afloramientos de caliza marmolizada y mármol con las características petrológicas y estructurales mencionadas. Probablemente el afloramiento más imponente es el que existe entre la aldea Suchicul y la aldea Lo de Reyes, al sur de El Chol; aquí el espesor del mármol supera los 400 m, observándose mármol blanco lechoso, gris, negro y rosado. Hacia el este, siempre en el cuadrángulo El Chol y en la misma tendencia, en la aldea Los Paxtes se observa nuevamente la relación esquistos micáceos-mármol como paquete cabalgando gneises cuarzofeldespáticos Chuacús. En el cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán, se presenta una zona de afloramientos de mármol en la aldea Vado Ancho al noreste de San Agustín y otros afloramientos que podrían ser San Lorenzo aparecen al norte en la parte alta de la sierra, en el cuadrángulo El Cimiento, en la aldea Los Albores. Hacia el este, en el cuadrángulo Río Hondo aparecen nuevamente dos zonas de afloramientos, la localidad tipo del Miembro San Lorenzo y una unidad de grano grueso en la aldea Pasabién que podría no ser parte de ese miembro. En el cuadrángulo Gualán existen algunos afloramientos de mármol de grano grueso siempre asociados a rocas máficas como esquistos o serpentinitas, así como mármol de grano fino como el que aparece en las aldeas Morán y El Tabacal. Se llega al cuadrángulo Los Amates donde nuevamente se encuentran las dos unidades, descritas y distinguidas ampliamente por Müller en la descripción de la geología del cuadrángulo, como partes del Grupo Chuacús y Complejo La Pita, respectivamente.

NEWCOMB (1975), realizó la descripción de afloramientos de mármol existentes en los cuadrángulos Río Hondo y San Agustín Acasaguastlán, resaltando diferencias notables entre ambos y aplicando el nombre Formación San Lorenzo para su identificación. En Río Hondo el mármol es característicamente más puro, de grano fino, negro a blanco, masivo a finamente bandeado, fétido y de alto contenido de calcio; mientras que en San Agustín Acasaguastlán, aunque químicamente sigue siendo puro y de alto contenido en calcio, de grano medio a grueso, ocasionalmente granatífero, y en algunas exposiciones presenta augens de calcita de hasta 3 cm.

ROPER (1978) describe que en el Cuadrángulo El Progreso, el *mármol San Lorenzo* ocurre en la cresta de porciones internas de grandes antiformes con litologías Jones tanto arriba como debajo de éste. Esto se ilustra en la parte oeste del cuadrángulo alrededor de Cerro Gordo donde esta unidad puede ser fácilmente trazada por casi siete kilómetros sobre el limbo superior de un gran nappe replegado con litologías Jones tanto arriba como abajo . . . La posición estratigráfica del mármol San Lorenzo dentro de la Formación Jones se cree que es cercano al tope de la Formación. Esta interpretación se apoya en el cuadrángulo donde otra

unidad diferente compuesta principalmente de esquisto muscovítico se halla sobreyaciendo y aproximadamente a la misma elevación que el mármol San Lorenzo que está justo a pocos kilómetros al sur.

En el cuadrángulo El Progreso se identificaron tres tipos de afloramientos de mármol: a) el que se ha descrito que se presenta interestratificado con los esquistos micáceo granatíferos, b) láminas y capas delgadas incluidas dentro de la unidad de filitas y c) una serie de afloramientos de espesores y extensiones considerables que merecen una descripción individual.

Las características mineralógicas y texturales, y las asociaciones petrológicas son similares en todos los afloramientos y con la mayoría de los mencionados en otros cuadrángulos. La textura es granoblástica equigranular, de colores blanco variando hasta negro, y rosado; la granulometría es típicamente gruesa, con cristales de 3 a 5 mm. Están compuestos hasta en un 95% de calcita, el resto consiste en cuarzo disperso junto con muscovita, puede haber granate. Esta composición se resalta en superficies meteorizadas que se presentan rugosas debido a la no dilución del cuarzo. Otro rasgo es la existencia de augens u ojos de mármol de otro color o menos puro; estos son de centímetros en sección y en longitudes puede llegar a formar lentes o láminas de dimensiones variables. La cantidad de mica y cuarzo puede aumentar hasta formarse una roca esquistosa, finalmente puede llegar a predominar el esquisto micáceo granatífero ya descrito. El espesor de esta unidad es variable, probablemente el mayor se alcance entre la finca Montecristo, Fotografía 3.6-3.7, y la finca Vista Hermosa llegando hasta los 400 m, dentro de esta sección se encuentran interestratificaciones de mármol esquistos o lenticular micáceo. Existen otras secciones de menor espesor pero sin dejar de ser imponentes por formar paredes verticales, como en San Clemente y El Tablón.



Fotografía 3.6. Afloramientos de mármol blanco al norte de la Finca Montecristo. Se está explotando por medios manuales para obtención de Carbonato de Calcio.

Todos los afloramientos observados de este mármol se encuentran asociados con esquistos micáceo granatíferos con los cuales se interestratifica hasta predominar cualquiera de los dos; además de esta asociación petrológica también hay que mencionar los cuerpos de serpentinita y/o anfibolita con los que se asocian generalmente por falla.

Básicamente existen tres zonas de afloramientos: la descrita al este de Cerro Gordo, otra que comprende los cerros de Comaja y El Poxte, y otros cuerpos muy reducidos incluidos dentro del cuerpo de serpentinita en la aldea Piedra Parada, al sur de Tulumaje; en esta última localidad a pesar de ser muy reducidas las exposiciones se observan secuencias metasedimentarias sobre el cuerpo serpentinitico.



Fotografía 3.7. Afloramientos de mármol en la entrada a la aldea Carrizo Grande. Este mármol es predominantemente gris, grano grueso, con lentes ricos en muscovita y granates.

En lo relativo a la edad de esta unidad, FOURCADE *et al.*, (1994) hicieron algunas consideraciones referentes a la edad de calizas bioclásticas metamorfizadas que afloran en Izabal, a los cuales por su contenido de foraminíferos (*Nummoloculina heimi*) se les asigna una edad del Albiano/Cenomaniano. Por aparte, dataron una variedad de muscovita llamada fengita por medio de la aplicación del método de dilución isotópica de Rb-Sr, obteniendo una edad convencional entre 60 y 52 m.a., edad que se considera como la etapa final del metamorfismo. Basado en la posición estructural similar, estos autores infieren que los sedimentos originales se depositaron en el Cretácico Temprano a Medio y que fueron metamorfizados más recientemente (Paleoceno).

GIUNTA *et al.*, (2002), en una descripción de la geología de un área al este de San Agustín Acasaguastlán, mencionan que la edad de un cuerpo de mármol aflorante a un costado del río Uyús es Cretácico Medio y más aún, se refieren a estos como *Metacalizas Cerro de La Virgen*.

Nuevamente debemos mencionar las consideraciones de edad expuestas por MÜLLER (1975) al referirse al Complejo La Pita, diciendo que si se asume que este representa una porción de la capa basáltica de la corteza oceánica Juan de Paz, incluyendo sedimentos pelágicos correlacionables con cherts y margas del Grupo El Pilar inferior, la edad pre-metamórfica del complejo debe ser Cretácico Inferior-Medio. Se considera poco posible una edad pre-Cretácico – post-Paleozoico basado en la falta de sedimentos pelágicos y rocas volcánicas tholeíticas asociadas de este intervalo de tiempo en alguna otra parte de Centro América Nuclear.

En conclusión el autor sugiere adoptar la edad de Cretácico Temprano a Medio para los sedimentos originales del mármol en cuestión, así también se le debe considerar como un equivalente metamórfico de la Caliza Cerro de La Virgen que aflora paralelamente al sur de la Zona de Falla Motagua, lo cual es compatible

con un modelo estructural en flor. Asimismo, se sugiere establecer esta unidad como formal, tomando en consideración su amplia distribución regional, proponiendo los afloramientos que se encuentran en la aldea Lo de Reyes y Finca Montecristo como potenciales localidades y secciones tipo. Se debe descartar el uso del nombre San Lorenzo para este mármol por los aspectos apuntados.

Caliza Cerro de La Virgen

A lo largo de la Zona de Sutura del Motagua se encuentran varias unidades carbonáticas más o menos tectonizadas y marmolizadas. Algunos autores han hecho intentos de correlacionar estos carbonatos con otros que se encuentran al norte de la zona de falla, principalmente con la Formación Campur, pero actualmente se ha descontinuado en tal idea por existir suficientes argumentos para considerarlos como unidades independientes, principalmente por ser estas calizas cuerpos alóctonos.

Al sur de San Rafael Las Minas, en el cuadrángulo Granados, existe una secuencia sedimentaria consistente en basaltos almohadillados, chert, lutitas y calizas fosilíferas/marmolizadas. Las calizas son de grano muy fino, color gris oscuro a claro, con rudistas, gasterópodos y algas. En el río Belejeyá y quebrada El Espinal existen también afloramientos de calizas; de acuerdo a dataciones realizadas por el Eric Fourcade (1999), estas contienen foraminíferos bentónicos al Campaniano-Maastrichtiano. Existen otros bloques carbonáticos asociados tectónicamente a serpentinitas, principalmente; los espesores son variables pero pueden llegar hasta los 75 m (MORÁN, 2000).

En el cuadrángulo El Chol existen varios bloques de caliza marmolizada, algunos de ellos fueron igualmente datados por Fourcade, revelando edades similares a la mencionada en el párrafo anterior. Hacia el sureste, dentro del mismo cuadrángulo, empieza a aflorar una faja de caliza que se proyecta dentro del cuadrángulo Sanarate y termina en El Progreso, esta caliza recibe el nombre de Caliza Cerro de La Virgen, nombre establecido por Lawrence en 1975.

HIRSCHMANN (1963) y REEVES (1967) fueron los primeros en describir esta unidad, quienes tentativamente la correlacionaron con la caliza Chóchal del Pérmico (en el Grupo Santa Rosa). WILSON (1974) se refirió a esta caliza como Formación Sanarate. Él también descubrió varios fragmentos de rudistas en la caliza, en el km 60 de la carretera al Atlántico, que se han identificado como radiolarians de la subfamilia *Sauvagesiinae*, que tienen un rango de edad del Albiano al Maastrichtiano.

El primero en aplicar el nombre Caliza Cerro de La Virgen fue LAWRENCE (1975) para referirse a afloramientos sobre el Cerro de La Virgen y en las quebradas que fluyen de esa montaña, justo arriba de un cañón angosto del Río Guastatoya, al este del cuadrángulo Sanarate.

Esta unidad consiste en caliza, a veces dolomítica, de color gris a blanco, de grano fino, altamente cizallada, con estratificación inconsistente o indiscernible, con algunos lentes de filita calcárea de color negro a marrón. Los componentes minerales son calcita-dolomita-cuarzo detrítico-muscovita. El plegamiento y fallamiento son comunes dentro de la unidad, y los afloramientos son generalmente



pobres debido a que generalmente están cubiertos con depósitos de caliche; los mejores se encuentran a lo largo de la carretera al Atlántico. Aunque se han sugerido espesores probables, hasta de 1000 m, es difícil establecerlo plenamente debido al replegamiento y fallamiento que existe dentro de la unidad. Fotografía 3.8.

Fotografía 3.8. Afloramiento de caliza mostrando el alto grado de fracturamiento; la caliza de gris amarillento, ligeramente marmolizada.

La Caliza Cerro de La Virgen se interpreta actualmente como un cuerpo alóctono obducido junto con otros cuerpos de corteza oceánica, durante la colisión de los bloques Maya - Chortis. El contacto inferior es una falla inversa sobre el basamento metamórfico e ígneo, siendo aún incierta la relación entre la caliza y la subyacente Filita Agua Salóbrega en el cuadrángulo Sanarate. En todo caso, la edad de formación de esta unidad, basado en su contenido está entre el Albiano al Maastrichtiano.

Como se ha mencionado, a lo largo de la Zona de Sutura del Motagua existen varios cuerpos alóctonos de carbonatos, incluidos muchas veces dentro de secuencias sedimentarias pelágicas. De acuerdo al contenido fosilífero de estas secuencias, la mayoría de edades establecidas se ubican en el Cretácico Tardío. GIUNTA *et al.*, (2002), en una descripción de la geología de un área al este de San Agustín Acasaguastlán, mencionan que la edad de un cuerpo de mármol aflorante a un costado del río Uyús es Cretácico Medio y más aún, se refieren a estos como *Metacalizas Cerro de La Virgen*. Existe la posibilidad de que los mármoles que se encuentran al norte de la Zona de Falla Motagua sean equivalentes metamórficos de las calizas que se encuentran al sur; el mecanismo de emplazamiento para ambos es por obducción tanto hacia el norte como al sur, lo que actualmente se presenta como estructura en flor.

Basalto Almohadillado (Espilitas). Grupo El Tambor.—En varios estudios se ha mencionado la existencia de afloramientos de basaltos almohadillados o unidades metavolcánicas incluidas dentro de lo que

originalmente se conoció como Formación El Tambor. En efecto, de acuerdo a LAWRENCE (1975) en la descripción original de McBirney y Bass (1969a) se incluyen pizarras y argilitas . . . interestratificados con metachert rítmicamente bandeado . . . lutita filítica . . . lava básica metamorfozada, toba, y sills . . . Dentro del concepto actual de Grupo El Tambor se considera que los basaltos almohadillados son parte del conjunto de rocas que lo conforman DONNELLY *et al*, 1990. Ejemplos de afloramientos son aquellos al sureste de Sansare, El Progreso; otros ubicados al oeste de Usumatlán, en el departamento de Zacapa; y otros en la aldea Juan de Paz, Izabal. Asimismo existen afloramientos en la Sierra de Santa Cruz como parte del alóctono del mismo nombre.

Una de las mejores descripciones de basaltos almohadillados en Guatemala es la realizada por Lawrence en el cuadrángulo Sanarate. Este autor se refiere en general a estos como *metavolcánicos* que incluyen rocas verdes (greenstones) y esquistos actinolíticos. Las estructuras volcánicas primarias que presentan estas rocas consisten en variolitas de 0.5 mm, estructuras esféricas color lila, dentro de una matriz verde de grano fino; la matriz es verdosa por la presencia de clorita y las variolitas lila por hematita. Otras estructuras son aquellas que semejan almohadas, aflorando bajo el puente del río Grande. Las estructuras han sido deformadas, son ovaladas, de color verde claro a oscuro. Varían en tamaño de 5 cm a 30 cm en longitud. Casi la mitad de las rocas verdes son amigdulares, lo que sugiere que flujos vesiculares. Algunas de las vesículas fueron alargadas, pero muchas son toscamente esféricas.

GIUNTA, *et al* 2002, describen que los basaltos de la unidad SM son algunas veces picríticos y muestran clara afinidad de Dorsal Meso Oceánica (MOR), como también se indica por el orden de cristalización de plagioclasa ante clinopiroxeno. . . los basaltos que afloran en la porción basal del Grupo El Tambor revela patrones ligeramente enriquecidos de REE (elementos de tierras raras) parecido a T-MORB. Localmente, algunos basaltos asociados con los volcánicos N-MORB muestran afinidad alcalina de islas oceánicas (OIB) probablemente representando actividad de montes marinos.

MÜLLER (1979) describe como parte de la ofiolita Juan de Paz, una sección de basaltos almohadillados junto con menos proporciones de chert; esta sección conforma un < 5% del complejo. Los basaltos varían desde altamente amigdaloidal a débilmente variolítico. Las vesículas están rellenas con calcita-cuarzo-hematita. Los basaltos presentan poca evidencia de metamorfismo, posiblemente de la zona prehnita-pumpellyita.

MORÁN (2000), en la descripción de una secuencia sedimentaria al sur de la aldea San Rafael Las Minas, Pachalum, El Quiché, presenta en la base un paquete de basaltos almohadillados, muy meteorizados, de color verde amarillento, con formas amigdaloides o elipsoidales, de 35 a 48 cm de diámetro. La totalidad del paquete posee un espesor de 50 m aproximadamente.

En el cuadrángulo El Progreso se identificó una zona muy reducida, 0.1 km², de basaltos almohadillados que se encuentran aparentemente cabalgando sobre serpentinita; esta zona está en la aldea Rincón de Las Flores, del municipio de Morazán. Fotografía 3.9. El espesor de esta unidad es de aproximadamente 60 m. Los minerales constituyentes principales son albita-clorita-calcita, el color de la roca es verde olivo y las estructuras primarias



Fotografía 3.9. Afloramiento de espilitas al norte de la aldea Rincón de Las Flores.

volcánicas más relevantes son cuerpos ovalados de hasta 70 cm en su eje más largo, la alteración ha eliminado o rellenado vesículas preexistentes.

De acuerdo a EHLERS Y BLATT (1980), existe un término aplicado a basalto alterado, comúnmente vesicular, y exhibiendo estructura almohadillada, el feldespato ha sido convertido a albita, y está generalmente acompañado por clorita, calcita, epidota, calcedonia, o prehnita; esta roca recibe el nombre de *espilita*. El concepto de BEST (1985) para una espilita es que consiste en una roca verde de aspecto textural basáltico compuesta de minerales de bajo grado metamórfico incluyendo albita, clorita, actinolita, esfena, calcita, varios silicatos de Ca-Al y piroxeno relicto. Las espilitas se forman a partir de basaltos de piso oceánico cerca de rifts oceánicos por intercambio metasomático con agua marina calentada.

Basado en lo anterior se sugiere la adopción de este término para referirse a los afloramientos de basaltos almohadillados alterados y que presentan la mineralogía mencionada, principalmente porque el uso del término “basalto” implica otra composición mineralógica, misma que ha sido modificada por alteración.

La edad de esta unidad no está establecida, aunque por sus relaciones de campo y por consideración de otros afloramientos estructuralmente similares, es posible conjeturar alguna. Por ejemplo los basaltos almohadillados que sobreyacen la ofiolita Juan de Paz, están a su vez sobreyacidos por cherts radiolarios que han proveído una edad mínima de Valanginiano Superior-Aptiano. GIUNTA *et al*, (2002) le asignan una edad del Jurásico Tardío? al Cretácico Temprano para los basaltos almohadillados y radiolaritas que se ubican al oeste de Usumatlán, Zacapa. ROSENFELD (1981), en la descripción de la ofiolita Santa Cruz, basado en cherts radioláricos establece una edad del Cretácico Inferior para el conjunto sedimentario y basáltico que sobreyace esta ofiolita.

Mélange.—BEST (1985) define un *mélange* como un cuerpo de roca cartografiable, que contiene bloques heterogéneos dentro de una matriz altamente deformada. El complejo Franciscano del Jurásico Superior-Cretácico incluye extenso *mélange*, en la Sierra Costera de California. Este autor refiere que Maxwell (1974) observó que

rocas Franciscanas típicas . . . consiste en masas rotas y discontinuas de grawaca y lodolita limosa, con zonas de bloques exóticos dispersos en una matriz de grawaca o lodolita. La matriz se caracteriza por plegamiento no sistemático y discontinuo e intenso cizallamiento local. Los bloques exóticos incluyen todos los miembros del ensamble ofiolítico—serpentinita, gabro, diabasa, lava extrusiva y chert radiolariano—así como bloques grandes y pequeños de esquistos azules gruesos . . . La asociación de matriz rota y cizallada con bloques dispersos se describe mejor como *mélange* . . . y da a una topografía “accidental” caracterizada por bloques dispersos sobresaliendo de una superficie cómica o de deslizamiento.

En todas las descripciones de la geología conocidas a lo largo de la Zona de Sutura del Motagua, no se conoce que exista una que considere la aplicación de este término para las asociaciones de rocas descritas. Ellas, se limitan a mencionar la existencia de unidades serpentiniticas o anfíbolíticas con inclusiones de rocas de diverso tipo, algunos de origen o ambiente de formación diferente a las serpentinitas.

A lo largo de la Zona de Falla del Motagua, se ha observado la existencia tanto al norte como al sur, de una unidad litológica que presenta las características mencionadas suficientes para identificarla como *mélange*. Estas unidades generalmente están asociadas por fallamiento con cuerpos de serpentinita, anfíbolita, esquistos micáceo granatíferos y mármol, formando una faja irregular en ancho y continuidad aproximadamente desde el municipio de Pachalum, El Quiché, hasta Usulután, Zacapa; mientras que se observa otra faja al sur, en el municipio de San Diego, Zacapa, norte de Jalapa hasta la parte sur de Guastatoya.

La caracterización de esta unidad como *mélange* es muy importante para una mejor descripción de la historia geológica de Guatemala y del Caribe en general, existen suficientes criterios petrográficos, mineralógicos y estructurales para hacer esta caracterización y esa es una de las intenciones de este estudio.

GIUNTA, *et al.*, (2002), en la descripción de la unidad ofiolítica al sur del Motagua, SM, reconocen tres fases tectono-metamórficas principales. El primero (D1) está representado por relictos de asociaciones de Alta Presión-Baja Temperatura. Se han distinguido dos tipos de rocas eclogíticas (McBirney, *et al.*, 1967): (a) eclogitas de granate-piroxeno compuestos de porfiroblastos de granate rico en almandino en una matriz débilmente foliada consistente en onfacita (Jd = 38,6) y menores cantidades de muscovita, esfena, rutilo, lawsonita; (b) eclogitas con anfíbol consistentes en capas centimétricas contrastantes azul y verde, que resultan de proporciones variantes entre glaucófana (+actinolita, granate, muscovita, onfacita de grano fino, esfena, y lawsonita esporádica) y onfacita (+ granate porfiroblástico, cuarzo, muscovita, apatito). Las otras

dos fases, D2 y D3 consisten en eventos de condiciones retrogradas de P-T hacia la facies de esquistos verdes, y el otro representado por clivaje de crenulación superimpuesta bajo condiciones bajas y/o muy bajas.

En la descripción de otra unidad ofiolítica, NM, estos autores sugieren mayores grados de deformación tectono-metamórfico. Peridotitas altamente serpentínicas representan el litotipo principal, e incluyen bloques y/o budines de jadeititas, albititas, metabasitas, y anfibolitas; subordinadamente existen basaltos almohadillados y radiolaritas. La unidad NM ha sido claramente afectada por metamorfismo de Alta Presión-Baja Temperatura durante las fases tectónicas del Cretácico, pero su evolución tectono-metamórfica está aún pobremente entendida. Los únicos datos disponibles sobre la evolución de P y T de esta unidad se ofrecen por estudios detallados realizados sobre bloques (principalmente de jadeititas y albititas) hallados en serpentinitas tectonizadas (Harlow, 1994). De acuerdo a este autor, las condiciones de presión para la petrogénesis de las jadeititas NM varían entre 5-11 Kbar a presiones máximas de 400° C. Nuevamente se sugieren tres fases dúctiles, siendo la primera de asociaciones de Alta Presión y Baja Temperatura.

Estos mismos autores, en la descripción litológica del tramo entre Estancia de La Virgen y río La Palmilla, mencionan que las jadeititas aquí aflorantes están parcialmente alteradas por albitización y generalmente contienen jadeita, albita, onfacita, aragonito, anfíbol taramítico, titanita ± fengita, flogopita, preiswerkita, zoisita, circón, apatito, y grafito. Las albititas también son comunes y contienen albita, actinolita, diópsido, titanita ± fengita, zoisita, circón, y clorita. Las jadeititas y albititas se interpretan en formarse a partir de fluidos de agua marina derivados de la porción subducente que entró en una peridotita serpentinizante en o arriba de una zona de subducción. Las porciones de serpentinita con jadeititas, eclogita, glaucofana, albitita y otras rocas de alta P y T fueron llevados desde la profundidad por la colisión o (preferido por los autores) fallamiento lateral sinistral subsecuente.

En el cuadrángulo El Progreso se delimitaron varios afloramientos de lo que aquí se conoce como *mélange*, estos afloramientos están al norte de la Zona de Falla Motagua y ocupan parcialmente la mitad oeste del cuadrángulo, coincidentemente como lo hacen las anfibolitas. Donde existen estos afloramientos se presenta una topografía característica que contrasta con lo circundante que generalmente es más abrupta y homogénea: es una topografía irregular, a veces dómica, de drenaje igualmente irregular, sin ningún control, producto de la existencia de varios cerros de diferente litología, dispersos sin ningún patrón en particular; estos cerros sobresalen a una topografía más suave, generalmente compuesto de sedimentos argilíticos o serpentinita profundamente cizallada. La identificación de estas zonas es posible en mapas topográficos por los rasgos apuntados que se manifiestan en el comportamiento irregular de las curvas de nivel, al igual que las quebradas que no guardan un patrón preferencial en su recorrido.



Fotografía 3.10. Bloques elipsoidales de serpentinita que sobresalen de una matriz argilítica y serpentinitica que también incluye bloques menores de anfibolita y cuarcita. Aldea El Coyote.

La unidad de mélange consiste en una asociación caótica (como lo dicen los textos) de bloques rocosos de formas esencialmente elipsoidales, Fotografía 3.10, pertenecientes al ensamble ofiolítico o a los sedimentos depositados sobre éste, así como los equivalentes metamórficos de estos, todos en una matriz argilítica o serpentinitica. Los bloques que se han identificado dentro de esta unidad son: Serpentinita, Anfibolita, Hornblendita, Albitita, Eclogita, Mármol, Filitas, Esquistos, Cherts/cuarcita, Diabasa, Diques de Cuarzo, y Pegmatitas. A continuación se presentan descripciones mineralógicas de algunas de estas rocas, aunque hay que mencionar que el estudio mineralógico no es tan profundo como los realizados en el área de Usumatlán:

Eclogitas: Existen buenos ejemplos al noreste de Santa Gertrudis, al sureste de la aldea Santa Ana y El Coyote. La mineralogía general de estos cuerpos consiste en albita, piroxenos (clinopiroxenos ?), epidota, granate (almandino ?), glaucofana, olivinos y cuarzo.

Anfibolitas: Esta roca es más común que la anterior, se encuentra dispersa en toda la zona de afloramiento y algunos bloques que se presentan como unidad individual, podrían ser efectivamente parte del mélange. En la mineralogía lógicamente sobresalen los anfíboles, dentro de los cuales resalta la glaucofana, además de plagioclasa, granate, epidota, biotita y cuarzo.

Peridotita serpentinizada: Posiblemente sea el tipo de roca más abundante, se presenta igualmente en formas elipsoidales, a veces seccionadas apareciendo únicamente una parte del cuerpo limitado por una superficie más o menos plana.

Diabasa: Esta roca aflora en la bifurcación de las carreteras que conducen a San Clemente y Los Tablones, en dimensiones muy reducidas: 15 m de altura por 3 a 5 de ancho, en forma de dique. La mineralogía consiste básicamente en plagioclasas y piroxenos en una textura ofítica.

Mármol: Se encuentran algunos bloques aislados dentro de la unidad con dimensiones similares a la roca anterior. La mineralogía básica se asemeja a la descrita para la unidad de mármol: calcita-cuarzo-muscovita-granate.

Esquistos: Estos cuerpos están compuestos principalmente de biotita, cuarzo, feldespato, muscovita, granates y clorita, en una textura lepidoblástica. La foliación de los diferentes cuerpos es variable y no consistente entre uno y otro.

Piroxenita: Aflora en los alrededores de la aldea El Coyote con dimensiones reducidas, su mineralogía básica consiste en piroxenos, granates y olivinos, que originan una textura granoblástica.

Cuarcita: Esta roca se presenta en el trayecto a la aldea San Clemente, su coloración es blanca, la mineralogía básica consiste en cuarzo, biotita, epidota, feldespato. Esta roca podría ser chert recristalizado.

Diques de cuarzo y pegmatitas: Otro rasgo interesante de la unidad de mélange es la existencia de diques de cuarzo y pegmatitas, lo que no ocurre dentro de las serpentinitas. Las dimensiones son variables y la composición de las pegmatitas es simple, sin presentar zonación, lo que dice acerca de su origen metamórfico. Fotografía 3.11.

En este estudio se sugiere que la unidad de mélange debe ser considerada independiente a las peridotitas serpentinizadas por las siguientes razones:

- Las peridotitas serpentinizadas se presentan en dos tipos de acuerdo a su fábrica: el tipo masivo y el tipo cizallado, ambos ya descritos; se cree que las únicas inclusiones litológicas que se observan dentro de las peridotitas son anfibolitas, mismas que son comunes en la parte baja de un ensamble ofiolítico. Al hacer un estudio cuidadoso en el campo, se observa



Fotografía 3.11. Afloramiento de cuarcita dentro de la unidad de mélange.

que la unidad de peridotitas serpentinizadas es independiente a la mezcla caótica donde se encuentran las rocas con mineralogía de alta presión y baja temperatura, y la relación entre ellas es generalmente por fallamiento inverso.

- La mineralogía distintiva de algunas unidades de roca identificadas a lo largo de la zona de falla del Motagua, consistente en glaucofana-lawsonita-aragonito-jadeita, es característica de facies de esquistos azules.
- Las zonas de afloramiento de la unidad de mélangé presentan una proyección hacia el norte, mostrando un cabalgamiento sobre peridotitas serpentinizadas o esquistos micáceo granatíferos; esto es compatible con la estructura en flor que existe en la zona de sutura del Motagua. A la vez, esto sugiere reconsiderar la idea de que las porciones de serpentinita con jadeititas, eclogita, glaucofana, albitita y otras rocas de alta P y T fueron llevadas desde la profundidad por fallamiento lateral sinistral. Esta idea exige la existencia de macizos rocosos superficiales constituidos por la litología en cuestión que pueda proveer los fragmentos incluidos en la peridotita serpentinizada; estos no existen.
- La existencia de zonas de mélangé tanto hacia el norte como hacia el sur de la Zona de Sutura Motagua, asociadas en ambos lados a cuerpos de peridotitas, esquistos máficos, carbonatos, e interrelacionados generalmente por cabalgamientos tanto hacia el norte como al sur, sugiere que previo a la colisión existió una masa constituida de fragmentos de roca que fue posteriormente obducida, posiblemente un prisma de acreción.
- Finalmente, estas observaciones permiten confirmar la existencia de un cinturón metamórfico apareado: uno de alta presión y baja temperatura consistente en la asociación ofiolítica del Motagua, donde se incluye el mélangé; y otra de baja o intermedia presión consistente en el Grupo Chuacús.

La edad de esta unidad puede ser igualmente problemática, empezando con considerar el mecanismo de formación de un prisma de acreción; un proceso continuo desde que se inicia la subducción. El hecho de existir mármoles y otros metasedimentos dentro del mélangé, permite sugerir la posibilidad que la edad de formación del prisma es post-Cretácico Temprano.

Diorita.—Esta unidad ígnea se presenta limitada al norte por la falla Cabañas, en algunos estudios geológicos que le hacen referencia lo consideran parte del Complejo Las Ovejas. En este informe, debido a características petrológicas y estructurales se considera un intrusivo más reciente que ese complejo y por ese motivo se presenta aisladamente.

Una serie de plutones de composición intermedia a ácida se encuentran a lo largo de la zona de sutura del Motagua, proyectándose desde la parte norte de la ciudad de Guatemala hasta Izabal; la mayoría intruye a través de rocas metamórficas. Algunos de estos intrusivos se encuentran metamorfizados y pertenecen al Complejo Las Ovejas del Paleozoico, sin embargo, otros son más recientes del Cretácico hasta el Terciario. DONNELLY, *et al.*, 1990.

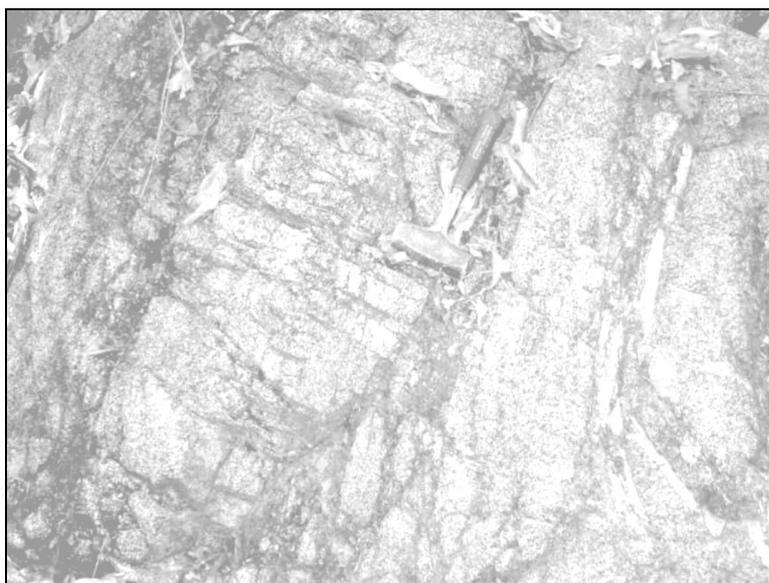
Existen varios reportes acerca de intrusivos en esta zona. WILLIAMS (1960) obtuvo una edad de 92 millones de años para dioritas de dos micas que afloran al noreste de Chinautla, correspondiendo al Cretácico Medio. BOSC (1971) describe numerosos intrusivos de composición intermedia que afloran a través de la mayoría del basamento migmatítico al sur de la Falla Cabañas, posiblemente la expresión somera de un cuerpo plutónico grande en profundidad, mejor expuesto en el Cuadrángulo Chiquimula. LAWRENCE (1975) reporta varios intrusivos en el cuadrángulo Sanarate, estos incluyen gabros, dioritas, granodioritas y granitos; las dioritas son gabroicas y se presentan en un dique de al menos 500 m de largo por 30 m de ancho. En el extremo este de la zona de sutura, en el cuadrángulo Los Amates, MÜLLER (1979) describe varios intrusivos al sur de la Falla Cabañas; estos intrusivos incluyen gabros, dioritas y granitos. En el cuadrángulo Chiquimula, SCHWARTZ (1976) describe el plutón de Chiquimula consistente en una variación de granodiorita a diorita, localmente existe gabro y cuarzdiorita. CHIQUIN YOJ, M., (1994) en un estudio realizado en el cuadrángulo San Pedro Ayampuc, describe un cuerpo intrusivo conocido como Diorita Bella Vista; la litología consiste principalmente en diorita que localmente cambia a gabro. Este intrusivo está asociado por contacto intrusivo y tectónico con otro cuerpo ígneo, el Granito Tres Sábanas que aparentemente es más reciente en edad.

En el cuadrángulo El Progreso se identificaron dos tipos de rocas intrusivas consistentes en diorita y granito, predominando grandemente la primera, Fotografía 3.12. Estas rocas se presentan a lo largo de una faja limitada al norte por la falla Cabañas que la separa de la Formación Guastatoya. El granito aflora únicamente en dos localidades, al suroeste de Guastatoya y en la carretera que parte de la aldea de Santa Rita hacia el sur, en el sudeste del cuadrángulo.

Los afloramientos de estas rocas son difíciles de localizar debido a que sobre el margen sur y topográficamente más arriba, se encuentra la caliza Cerro de La Virgen, la cual ha generado abundante carbonato de calcio que se deposita en capas de caliche, cubriendo los afloramientos de los intrusivos. Sin embargo, la identificación de las rocas es relativamente fácil. La diorita generalmente es de grano medio a grueso, hasta con un 40% de granos minerales de color verde o negro, el resto son granos de tonalidades claras; la composición mineral consiste en hornblenda, andesina, microclina y biotita. Aparentemente, la diorita ha producido metamorfismo de contacto con la sobreyacente Caliza Cerro de La Virgen. El granito es

de grano fino a medio, de color blanco amarillento, compuestos principalmente de microclina, cuarzo y micas.

La textura fanerítica de estas rocas es un factor importante a observar, predomina una distribución equigranular sin manifestaciones de flujo o alineamiento de minerales; localmente en zonas de contacto se sugiere flujo mineral. Es importante considerar este aspecto, debido a que si fuera parte del Complejo Las Ovejas, debiera manifestar la deformación que ha sufrido este complejo; en los intrusivos



Fotografía 3.12. Afloramiento de diorita que muestra una fábrica no foliada, pero si altamente fracturada.

predomina la deformación frágil. Típicamente el Complejo incluye metagranitoides y estos sí presentan alineamientos minerales propios de la historia deformacional del mismo.

La forma alargada de los afloramientos intrusivos y su relación con la falla Cabañas sugiere que el emplazamiento estuvo controlado por patrones de fallamiento. La intrusión probablemente tuvo lugar a lo largo de una zona de debilidad asociada con este fallamiento.

La edad de estos intrusivos no está establecido, sin embargo existen algunos criterios valederos para proponer alguna; principalmente que se observan diques y zonas de contacto con la caliza, lo cual significa que es posterior a ella, y que se encuentran clastos de diorita en la Formación Guastatoya, por lo que esta es más reciente. Se tienen entonces los límites de edad para esta unidad ígnea. RITCHIE (1975) realizó la datación de un xenolito incluido en el Granito Tres Sábanas, y el resultado obtenido fue de 99 millones de años. Según SCHWARTZ (1976), Clemons y Long (1971) dataron por el método Rb-Sr granodiorita, diorita y gabro, obteniendo la edad de 50 ± 5 ma.. Granito y adamelita dieron edades K-Ar y Rb-Sr de 95 ± 1 ma y 84 ma, respectivamente y una edad de 215 ma.

Capas Palo Amontonado.--Esta es una unidad informal que yace conformemente debajo de la Formación Subinal y aparentemente depositado sobre serpentinita. En el Mapa Geológico del Río Motagua Central, Guatemala, un proyecto de la División de Geología del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, y realizado en base a la información proporcionada por varios científicos como E. Bosc, R. Reeves, B. Burkart,

entre otros, se presenta esta unidad independientemente de la Formación Subinal, por lo que en este estudio se ha continuado con esa práctica por aspectos después apuntados.

La unidad consiste en una secuencia de unos 300 m de espesor compuesto de conglomerados y areniscas de coloración rojiza, con por lo menos dos capas de caliza. Dentro de las rocas clásticas sobresale el contenido de material volcánico, posiblemente basalto. Las dos capas de caliza varían en algunos aspectos, empezando por el color. Una capa es gris claro, de grano muy fino, con alto contenido de fragmentos de fósiles, los cuales sobresalen por disolución de la matriz carbonática; la capa está atravesada por vetas de calcita. La otra capa, más gruesa, es caliza de color café con estratificación laminar, igualmente contiene fragmentos fósiles.

REEVES (1967) presenta un listado de fósiles recolectados por Eric Bosc en esta unidad; el análisis bioestratigráfico fue realizado por Emile Pesagno de la universidad de California, en Davis, de estos se presentan algunos a continuación:

Muestra No. EB-675-A

a. Calcirudita rojo a rosado:

Lepidoribitoides sp.
Omphalocyclus (Torreina) torrei
Kathina jamaicensis
Sulcoperculina dickersoni
Globo truncana elevata
Globo truncana duwi
Globo truncana cónica
Globo truncana stuarti s.s.
Globo truncana trinidadensis
Abathomphalus mayaroensis
 Fragmentos de algas calcáreas *Archaeolithothamnion*

Determinación estratigráfica: *Globo truncana contusa stuartiformis*. Zona de asociación: *A. Mayaroensis*.
 Subzona: Maestrichtiano Tardío.



Fotografía 3.13. Afloramiento de caliza en las Capas Palo Amontonado.

- b. Calcirudita gris claro con fragmentos de rudistas.

Muestra No. EB 675-B

- a. Guijarro de Calcirudita Rosa:

Sulcoperculina dickersoni
Kathina Jamaicensis
Omphalocyclus Torreina torrei
Globo truncana gansseri

Determinación estratigráfica: *Globo truncana contusa stuartiformis*. Zona de asociación: *G. Gansseri*.
 Subzona A. *Mayaorensis*, Subzona (parte inferior): Maestrichtiano Medio – Maestrichtiano Superior.

- b. Calcirudita Gris conteniendo remanentes fragmentarios de radiolarios, probablemente reemplazados con carbonato de calcio.

Muestra No. EB 200

Guija de calcarenita:

Sulcoperculina dickersoni
Vaughanina cubensis
 Foraminíferos bentónicos arenáceos no determinados.
 Fragmentos comunes de moluscos y rudistas.

Determinación estratigráfica: Campaniano Tardío ?; probablemente Maestrichtiano.

Identificación de equinoide fósil colectado de una capa de caliza en la base de la Formación Subinal cerca de Palo Amontonado. Análisis realizado para Eric Bosc por Porter M. Kier, Smithsonian Institution, Washington, D.C.

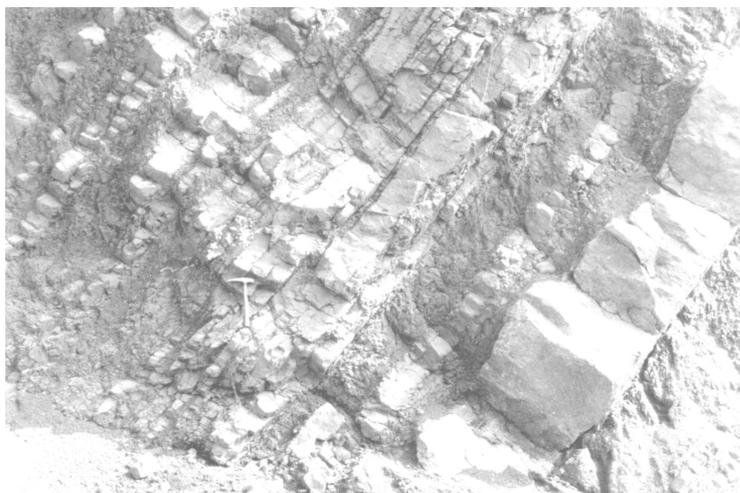
La Muestra es género *Goniopygus agassiz*
 Rango: Jurásico a Eoceno.

Identificación de fósiles colectados de una capa de caliza en la base de la Formación Subinal cerca de Palo Amontonado. Análisis realizado por el Dr. Norman Sohl.

Carta del Dr. Norman Sohl, de fecha 5 de abril de 1967:

“Mi mejor percepción es que ellos pertenecen al género *Plesioptygmatis*, una forma del rango Cretácico Medio a Tardío. . . son más semejantes a las especies del Albiano-Cenomaniano tales como *P. Bicinta* del Cenomaniano de la región Tethiano. . .”

Formación Subinal.—La Formación Subinal es una secuencia de tipo continental de areniscas, limolitas, lodolita, conglomerado y lutitas con menores cantidades de caliza, Fotografía 3.14. El nombre Subinal fue primero utilizado por Hirschmann (1963) para capas rojas halladas a lo largo del valle Motagua en el cuadrángulo El Progreso, justo al norte de la aldea Subinal. Esta unidad se presenta en varios cuadrángulos que se encuentran a lo largo de la Zona de Falla de Motagua, desde Pachalum, El Quiché, hasta Los Amates, Izabal.



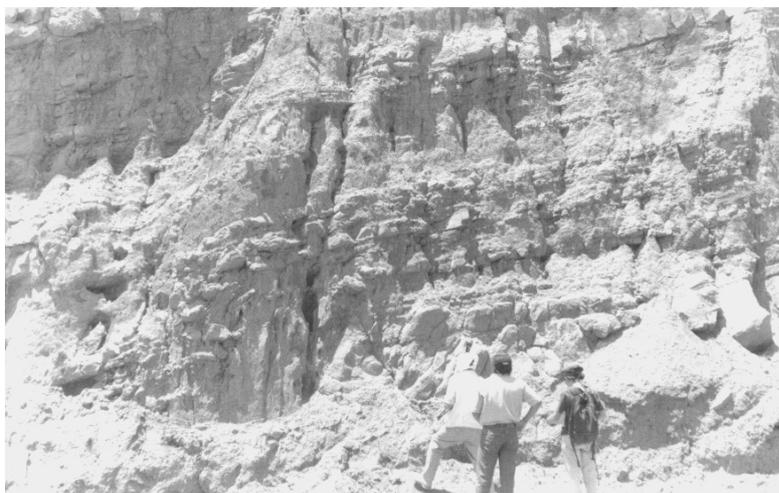
Fotografía 3.14. Sección representativa de la Formación Subinal, con interestratificaciones de areniscas y lutitas, una combinación típica en la Formación.

Existen varios reportes de diferentes autores en estudios realizados en varios cuadrángulos. MÜLLER (1979) reporta una faja de 4 a 5 km de ancho a lo largo del centro del valle Motagua, limitada al norte por una serie de fallas normales de alto ángulo y al sur por la falla Cabañas. . . Numerosas fallas normales e inversas han roto la faja de afloramientos en un mosaico de bloques menores con buzamientos altamente variables. El contacto basal no se expone, pero se asume que es una disconformidad angular sobre el Grupo El Pilar y ofiolita Juan de Paz. Un espesor estimado del espesor de la formación es de 1000 m. Este autor divide la formación en dos unidades, la Formación Subinal inferior está compuesto de conglomerados y areniscas compuestas de serpentinita y diabasa pobremente clasificada y estratificada, conteniendo lentes y capas irregulares de dolomita marrón de grano fino a grueso, menos chert rico en fragmentos de plantas, lodolita, limolita y areniscas ricas en serpentinita, de color negro a gris olivo. La Formación Subinal superior consiste en interestratificación de limolita, arenisca y lutita, y areniscas con lentes de gravas. La mayoría de las unidades de grano fino están cementadas por calcita y están moderadamente clasificadas.

La faja de afloramientos continúa dentro del cuadrángulo Gualán y se proyecta dentro del Río Hondo, donde NEWCOMB (1975), describe la unidad como consistente en una unidad conglomerática, pobremente clasificada, rojo ladrillo, conteniendo predominantemente guijarros de caliza del Cretácico Tardío; localmente, sin embargo, contiene guijarros de serpentinita redondeada y fragmentos ocasionales de filita. Se presenta siempre en contacto fallado con unidades adyacentes. Su espesor máximo es cercano a 1350 m, aunque existe evidencia de posible repetición de estratos debido a alto fallamiento inverso.

La unidad se presenta en el cuadrángulo El Progreso, sigue en El Chol y termina siendo cubierto por volcánicos recientes en el Granados. En este último, MORÁN (2000) reporta afloramientos a lo largo del valle

Motagua, principalmente sobre la carretera que de Concuá conduce a Estancia Grande, El Tablón y Cerro Las Burras. La formación está constituida por conglomerados, areniscas, lutitas y calizas, con una característica coloración rojiza. Los contactos superior e inferior de la unidad son discordantes, con depósitos volcánicos y Grupo El Tambor, respectivamente.



Fotografía 3.15. Sección compuesta de areniscas y lutitas, con algunos lentes de conglomerados. Típicos a lo largo de la ruta CA-14.

En el cuadrángulo El Progreso la Formación Subinal está compuesta predominantemente de conglomerados y areniscas, mientras que subordinadamente existe lutita, y en cuarto plano existe caliza. Fotografía 3.15.

Los clastos que componen estas unidades son variables a lo largo de la faja de afloramientos, y para El Progreso se puede dar un listado de tipos y porcentajes aproximados del material clástico: el clasto más común es cuarzo hasta un 30%, le siguen los fragmentos de caliza en un 20%, esquistos y gneises en un 20%, serpentinita 15%, diorita 5%, granito 5%, mármol 5%, otros materiales entre los que se incluyen los volcánicos, 10%; los porcentajes lógicamente son variables localmente, lo cual refleja variaciones en el tipo de área fuente y ambiente de deposición.

REEVES (1967) reporta haber observado dos tipos de caliza. La mayoría de los fragmentos son gris y están recristalizados por ligero metamorfismo, pero guijas y guijarros fosilíferos ocasionales aparentemente han sido erosionados de ocurrencias de caliza dentro de la misma Subinal y redepositadas.

Otros tipos de roca que se observan son granito y diorita, mármol, bloques de arenisca y limolita, fragmentos volcánicos.

La cantidad de matriz existente en los conglomerados y areniscas es variable, pero a veces es importante en proporción, talvez hasta un 60%; la composición predominante es mica y arcilla roja asociado a cuarzo, calcita, limonita y feldespato. El color rojo de la unidad es debido a las arcillas ricas en óxido de hierro. El color rojo es menos intenso a medida que los clastos son más grandes. Existen abundantes estructuras sedimentarias, estratos que presentan gradación en los granos, estructuras de canales rellenos, etc. Los contactos entre estratos generalmente son bien marcados.

Existen algunas manifestaciones de caliza interestratificada, una de las cuales se ha incluido dentro de la unidad Capas Palo Amontonado. Otra se encuentra al norte de la Quebrada El Astillero en el corte de la vía férrea en el Cerro Monte Verde, suroeste de El Callejón; el espesor de las capas varía desde laminar hasta capas masivas de hasta un metro.

La edad de la Formación Subinal parece ser más posible Cretácico Superior a Terciario Medio (Mioceno medio o más antiguo). Algunos fósiles del Cretácico Superior fueron reportados por Bosc (1971) pero no se reportan del Terciario; según él, guijarros de caliza del Maestrichtinao tardío se encuentran en la Formación. Burkart, Clemons y Crane (1973) postularon una edad del Terciario Medio para la sección de la Formación Subinal en el área sureste de Chiquimula. Reeves (1967) estableció que la Formación Subinal subyace la Formación Guastatoya del Mioceno tardío; un estudio muy detallado de la Formación fue realizada por Burkart (1965), la sección tiene un alto componente volcanoclástico y contiene flujos volcánicos.

Formación Guastatoya.—El primero en utilizar este término fue Eric Bosc en un reporte para autoridades guatemaltecas (Junio 1966), y luego aplicado por T.K. Reeves (1967) en una tesis de maestría para la Universidad de Rice. La descripción original se refiere a una secuencia bien estratificada de tobas andesíticas y riolíticas, flujos de basalto, areniscas tobáceas y conglomerados, limos ligníticos y menos areniscas de agua dulce, formando un depósito en forma de cuña entre la Formación Subinal y las migmatitas, en el lado sudoeste del cuadrángulo, siempre en contacto fallado con la primera y sobreyaciendo disconformemente lo segundo.

Al igual que la Formación Subinal, la composición clástica de la Guastatoya es variable localmente, por lo que no se puede establecer una definición composicional general. SCHWARTZ (1976) describe la unidad sobre aproximadamente 12 km², expuesta en afloramientos discontinuos al norte y sur del Río Motagua. . Al norte del río Motagua, la Formación está en contacto fallado con la Formación Subinal y mármol cataclástico y esquisto de la Formación Jones. Al sur del río está en contacto fallado con el Complejo Las Ovejas. La secuencia está compuesta de areniscas y limolitas bien estratificadas rojo claro, marrón, gris y verde. Existen capas de conglomerado pero no son tan comunes como en la Subinal. La limolita y arenisca es a menudo micácea, conteniendo mucha muscovita. Fósiles de plantas no identificadas son comunes a través de la unidad. Volcánicos interestratificados están presentes localmente pero no son tan comunes como en el área tipo de la Formación Guastatoya.

Newcomb (1975) en su descripción geológica del cuadrángulo Río Hondo se refiere a afloramientos de Guastatoya como un depósito rellenante de valle, limitado por fallas que subyace muchos de los cerros bajos dentro del mismo valle. Es un depósito bien estratificado, predominantemente tobáceo con

conglomerados, areniscas, y capas ocasionales de lignito. REEVES (1967) presenta una descripción de la Formación Guastatoya, y en la misma establece la división de la Formación en dos sub-unidades, la Serie Guastatoya superior y la Formación Sares inferior.

Debido a lo controversial de esta subdivisión, en este reporte se considera la Formación como una sola unidad.

En este reporte se conoce como Formación Guastatoya a una unidad clástica sedimentaria que se proyecta en una faja discontinua inmediatamente al sur de la Falla Cabañas y limitada al sur por otra falla contra la Unidad de Diorita o el Complejo Las Ovejas; los mejores afloramientos se presentan a lo largo del Río Guastatoya, el hecho de estar limitado por fallas permite visualizar una serie de cerros bajos alineados, conformados por esta unidad, inmediatamente al sur de la Formación Subinal.

Las formaciones Guastatoya y Subinal aparentemente son iguales e incluso se duda de su división, sin embargo existen varias características importantes que se deben considerar. La Guastatoya tiene grandes cantidades de rocas volcánicas en flujos y como detritus en conglomerados brechosos. El material clástico es generalmente mucho más angular, por eso “brechoso”, que en la Subinal, y poco o nada de coloración rojiza está presente en la matriz.

Es difícil establecer estimados de los porcentajes de los tipos de clásticos incluidos en las capas, debido a que la Formación Guastatoya no presenta la misma homogeneidad hallada en los clásticos Subinal. En la Guastatoya, cada capa conglomerática es más o menos diferente en apariencia, con color único, composición y tipo de roca dominante. No existe uniformidad en la composición entre las capas, y existen conglomerados monolitológicos.

A lo largo de la Quebrada Los Sares hasta la carretera asfaltada de acceso a Santa Rita afloran capas conglomeráticas de granito, caliza y diorita, alternando con capas de material detrítico muy fino, de bajo endurecimiento; debido a la abundancia de granito en la base de la sección se supone que ésta se depositó sobre o cerca de un cuerpo de la primera. Cerca de Santa Rita existen algunos cerros bajos consisten principalmente en conglomerados de guijarros de granito mezclado con fragmentos de diorita, en una predominancia hasta de 80% del primero; aquí también aflora un estrato monolitológico compuesto de guijarros subredondeados de caliza recristalizada.

Aparentemente, existe una disminución en la granulometría hacia el norte; y esto es lo que tiende a confundirla con la Formación Subinal. La unidad generalmente contiene una variedad de tipos de roca y es relativamente uniforme en contenido y apariencia entre localidades y capas. El tamaño de grano es relativamente pequeño. Entre los clastos identificados se encuentran cuarzo, caliza, granito, diorita, serpentinita, esquistos, gneis, mármol y fragmentos volcánicos, estos últimos se hacen más comunes hacia el

tope de la sección. A diferencia de la Formación Subinal, estas capas tienen una matriz de grano grueso, arenoso de color café a café amarillento con poco o nada de arcilla roja, por lo que no se observa la típica coloración rojiza, sino tiende a ser verdosa. Las capas contienen muy poca mica, pero grandes cantidades de material volcánico. Fragmentos de caliza, diorita y granito son mucho más comunes en la Guastatoya que en la Subinal, mientras que aparentemente hay menos esquistos y gneises. Estas son algunas claves que se pueden aplicar para diferenciar ambas unidades.

De acuerdo a la subdivisión de Reeves, la base de la Serie Guastatoya Superior es un conglomerado muy bien endurecido y masivo, que forma una línea de cerros a lo largo de la base sur del Cerro Monte Verde. Una buena sección de este se observa a lo largo de la carretera asfaltada y en el cruce a la aldea Morales.

Existen varias capas conglomeráticas dispersas dentro de la Formación, además de capas de arenisca; ejemplo de estas últimas se encuentran en la sección de la Quebrada Santa Rita. Aquí, se observan areniscas interestratificadas con flujos volcánicos y con grandes cantidades de fragmentos detríticos volcánicos relativamente finos. Otro aspecto remarcable es la coloración, la cual es verdosa, posiblemente por abundancia de clorita.

Aparentemente hacia el tope de la sección general de la Formación Guastatoya existe una predominancia de sedimentos finos, principalmente lutitas y calizas. Ejemplos de afloramientos de lutitas existen a lo largo de la Quebrada Santa Rita en espesores de metros; algunas capas delgadas de caliza gris no fosilífera de grano fino se encuentran dispersas en la Formación.

A lo largo de las quebradas Los Sares, Santa Rita y río Guastatoya se pueden observar rocas volcánicas; aparentemente están en pocas cantidades en la base pero se hacen más abundantes hacia el techo, hasta predominar. Las rocas volcánicas identificadas son riolita, pómez, ignimbritas y basaltos. Los flujos volcánicos generalmente son delgados, inferiores al metro en espesor. El material riolítico, pomáceo e ignimbritico generalmente es de color blanquecino, verde pálido a rojo claro, y de grano muy



Fotografía 3.16. Afloramientos de areniscas verdosas a lo largo de la Quebrada del Astillero.

fino; dentro de las ignimbritas es posible hallar fragmentos de ceniza. Existen flujos basálticos de extensión lateral limitada de espesores inferiores al metro, el basalto generalmente es negro, de grano fino y vesicular.

BOSC (1971) reporta diques basálticos de textura porfirítica que cortan a través de la Formación Guastatoya.

Respecto a la edad, no se sabe de fósiles que se hayan identificado en la Formación, por lo que no existe evidencia directa de su edad. Un criterio importante es la existencia de material volcánico en la parte superior de la sección, según WILLIAMS (1960) la fase reciente de volcanismo no empezó en Guatemala hasta el Mioceno; este material es raro en la Formación Subinal pero es muy común en la Formación Guastatoya. Esto podría indicar una edad del Mioceno o más joven para la porción superior de la Guastatoya.

El criterio de Reeves, es que el volcanismo todavía estaba activo a lo largo de la Falla Motagua después del cese de la deposición de la formación. La línea de la actividad volcánica principal se movió al sur desde el área de la fosa Guastatoya a lo que se conoce hoy como la Provincia de Altiplano Volcánico durante el Terciario tardío o Pleistoceno. Esto podría indicar que la deposición Guastatoya probablemente cesó antes del Plioceno o Pleistoceno. Entonces, el período de deposición de la Guastatoya está entre pre-Mioceno o Mioceno temprano y el Plioceno o Pleistoceno. Este rango se confirma por datos K/Ar de ignimbritas, obtenido en el cuadrángulo adyacente por Eric Bosc.

Depósitos Volcánicos.—Un rasgo sobresaliente al sur del río Motagua es la abundancia de cuerpos volcánicos consistentes en flujos basálticos e ignimbritas. Buenos ejemplos se observan sobre el Cerro Monte Verde y algunos cerros al norte de Santa Rita. En el cuadrángulo San Agustín Acasaguastlán existen afloramientos similares y han sido descritos por BOSC (1971), aquí, se reportan basaltos, ignimbritas riolíticas y dacíticas, y ceniza pomácea blanca. Los basaltos afloran como pequeños parches a lo largo del lado suroeste del Cuadrángulo, posiblemente como remanentes de flujos basálticos continuos. . . Frecuentemente están sobreyaciendo ignimbritas gris a blanco y de alguna manera relacionados a conglomerados fluviales, mejor expuestos en el cuadrángulo El Progreso, a lo largo de la Carretera al Atlántico.

De los dos tipos de rocas mencionadas, basalto e ignimbritas, la unidad inferior es la segunda que es visible en dos localidades a lo largo de la cima del Cerro Monte Verde. El corte en la Carretera al Atlántico en la cresta del cerro provee una exposición excelente de una sección de aproximadamente 10 m de espesor. A lo largo de la cresta del Cerro Monte Verde, hacia el oeste se aprecian otros afloramientos de ignimbrita, principalmente en el extremo del afloramiento basáltico. El material de estas capas es duro, denso y compacto, la matriz está compuesta de fragmentos de ceniza que están alineados a lo largo de planos de flujo.

El hecho de que estas ignimbritas están en la cresta del Cerro Monte Verde, sugiere que este sitio alguna vez estuvo en posiciones topográficas más bajas; las ignimbritas son producto de avalanchas ardientes que fluyen hacia zonas más bajas. Probablemente producto del fallamiento existente, ha habido levantamiento de esta cadena orográfica.

El otro tipo de roca existente en esta serie, son basaltos que igualmente afloran sobre el Cerro Monte Verde y los cerros que se encuentran al norte de Santa Rita, cubriendo las ignimbritas, Fotografía 3.17. Existen muy buenas exposiciones a lo largo de la carretera al Atlántico, la mayoría de estas están en el orden del medio metro en espesor, aunque unidades más delgadas y más gruesas pueden estar presentes. La



Fotografía 3.17. Topografía típica sobre los afloramientos de basalto; se observan bloques dispersos envueltos en suelos ferrosos.

acumulación o “depósito” basáltico es muy extenso pero es difícil discernir flujos individuales persistentes. Existen algunos rasgos que podrían sugerir la proveniencia de este material, por ejemplo, en Cerro Claro se observan protuberancias topográficas, dos o tres conos muy pequeños, que podrían ser las fuentes alimentadoras de los basaltos; un dique que probablemente fue alimentador se expone en un corte de vía férrea al oeste de la aldea El Callejón. BOSC (1971) reporta diques basálticos de textura porfírica que cortan a través de la Formación Guastatoya.

El basalto es de grano fino, masivo, negro a rojo, a veces muy vesicular, la mayoría se presenta altamente fracturado. Esta roca es fácilmente trazada en el campo debido al desarrollo de una vegetación densa peculiar en relación a áreas circundantes, siendo preferido para propósitos agrícolas por los nativos de la región.

Según REEVES (1967), esta serie de ignimbritas y basaltos se parece mucho a la serie volcánica del Cuaternario descrita por David Crane en los Cuadrángulos Jocotán y Timushán. Ambas series consiste en unidades masivas de litología y mineralogía similar, alineadas a lo largo de trazas de fallas tectónicamente activas y paralelas a través de provincias de edad similar.

Cenizas Pomáceas.—A lo largo del valle del Río Motagua existe una cobertura que se extiende desde Pachalum hasta San Agustín Acasaguastlán, consistente en ceniza volcánica. Esta ceniza sobresale del contorno y se presenta en pequeños cerros redondeados generalmente desprovistos de vegetación arbórea densa, únicamente de monte bajo, espinas y cactus. En fotografía aérea es fácil su identificación puesto que además de su tonalidad clara en relación a otras litologías, desarrolla un drenaje dendrítico muy denso.

La mayoría de los depósitos están compuesto de vidrio y ceniza granular o acicular con cierta biotita. Las capas generalmente son de color blanco marrón a gris, aunque algunas presentan coloraciones rosadas. El espesor es variable, generalmente se presenta en capas masivas que se pueden apreciar en los cortes de ríos y quebradas; a lo largo del río Motagua se observan paredes verticales de altitudes que pueden llegar a los 75 m, Fotografía 3.18.



Evidencia de retrabajamiento es obvio en algunos horizontes, los cuales podrían haber sido parte de las terrazas del río Motagua.

Fotografía 3.18. Acumulaciones de cenizas pomáceas en el valle del río Motagua. Los espesores pueden llegar a los 75 m.

Es difícil atribuir estos depósitos a nubes ardientes respecto al origen, existen mayores posibilidades que sean lluvias de cenizas transportadas por viento, depositadas en diversos ambientes favorables, y retrabajados por ríos y depositados en depresiones junto con la formación de diferentes terrazas de ríos.

Coluviones.—Existen varios depósitos recientes que son producto de deslizamientos o derrumbes, junto con los aluviones son los depósitos más recientes del área. Los coluviones se reconocen por estar constituidos por bloques de roca de diverso tamaño, desde suelo y arena hasta bloques de metros cúbicos; otro rasgo es la angularidad de estos, lo cual delata su limitado transporte. Dentro del área del cuadrángulo El Progreso se ubicaron varios depósitos coluvionales y en diversos tipos de roca.

Uno de los que más llama la atención es el que se ubica en la aldea Jute de la Cobana, la cual está prácticamente sobre un coluvión. La composición litológica de este es predominantemente serpentinitica y otras rocas afines, además de gneises, esquistos, y cuarzo. El área de cobertura de este depósito es discernible por

su topografía puesto que se presenta como un lóbulo encañonado limitado por ríos El Flautal y San Vicente, y la quebrada El Píamonte.

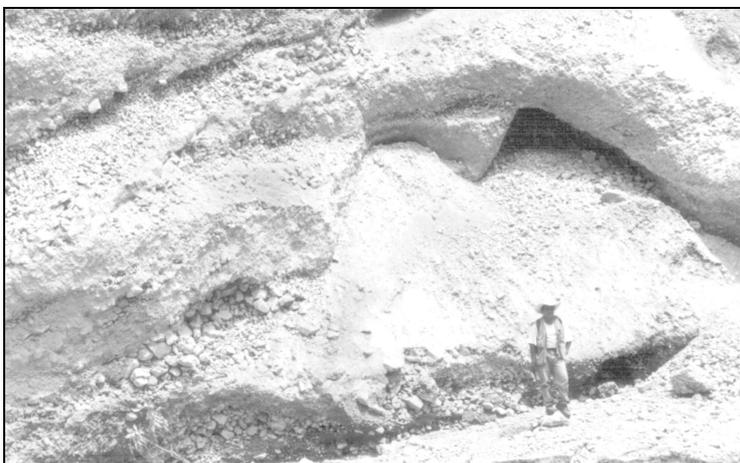
Al noreste de la aldea Los Aristondos existen dos depósitos, el más norteño está constituido de serpentinita, filitas, cuarzo, y mármol, mientras que el otro hacia el este, es predominantemente de serpentinita.

Alrededor del Cerro Gordo se presentan varios depósitos coluvionales sobre la unidad de esquistos; los coluviones están constituidos principalmente de serpentinita. Otro depósito similar se encuentra en la aldea San Diego.



Fotografía 3.19. Coluvión de serpentinita producto de deslizamientos al sur del Cerro Gordo.

A lo largo de la ruta al Atlántico existen varios depósitos coluvionales compuestos predominantemente de caliza y caliza marmolizada, cementados con caliche; estos coluviones se extienden ladera abajo hasta alcanzar el valle del río Guastatoya. En la mayoría de los casos, el tamaño de los clastos es casi homogéneo, no hay clastos mayores a los 30 ó 40 cm de sección, lo cual es debido al alto grado de fracturamiento de la Caliza Cerro de La Virgen, que es la fuente. El otro constituyente de estos coluviones son detritos de filitas verdes, que a veces forman horizontes muy gruesos de coloración verdosa a gris. Estos coluviones se proyectan sobre las dioritas y la Formación Guastatoya haciendo difícil visualizar la extensión de estos últimos.



Fotografía 3.20. Coluvión de caliza. Esto es común a lo largo de la ruta CA-14 entre Sanarate y Guastatoya. Se observan varios planos que sugieren igual número de derrumbes.

Aluvi6n.—La unidad litol6gica no consolidada m1s reciente consiste en los dep6sitos de cantos, guijas, guijarros y arenas a lo largo de los r6os Motagua y Guastatoya principalmente. Estos dep6sitos son de anchos

variables y comprenden también terrazas que muestran las alturas a las cuales ha llegado los niveles de agua o correntadas. Actualmente muchas de las terrazas más superiores son utilizadas para cultivos.

La constitución clástica de los aluviones es variable, encontrándose casi cualquier tipo de roca, principalmente en el río Motagua; localmente predominan algunos pero en general la composición es homogénea. Los clastos de mayor tamaño predominan en las quebradas mientras que las arenas gruesas y guijarros lo hacen en los ríos.

BOSC (1971) reporta tres sistemas de terrazas principales a lo largo del río Motagua. El más antiguo, circundando los cerros al sur y norte del valle alcanza una altitud de 250 m arriba del nivel del mar, consiste en una secuencia de arcillas, limolitas y capas pomáceas; cuando se erosionan, forman una superficie erosional endurecida. Las capas pomáceas en esta terraza están

relacionadas a la ocurrencia de fósiles vertebrados en diferentes localidades en la región, incluyendo Estanzuela donde se ha hallado una fauna abundante fosilizada.

El segundo sistema de terraza es la más conspicua y cubre la mayoría de la base del valle, se usa para propósitos agrícolas, las carreteras principales paralelas al valle están construidas sobre esta terraza. Estos dos sistemas de terraza fueron afectados por el reciente movimiento a lo largo de la falla Cabañas.

El tercer sistema está malamente expuesto, cubierto parcialmente por cantidades considerables de ceniza; probablemente es la que se ha mencionado en la descripción de Cenizas Pomáceas, subyaciendo los depósitos pomáceos.



Fotografía 3.21. Sección típica de las terrazas que conforman el aluvión del río Motagua. En la parte superior pueden haber depósitos de cenizas pomáceas.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La descripción de la Geología Estructural del Cuadrángulo El Progreso es un gran reto para cualquier científico; los rasgos estructurales son muy variables y penetrativos, para su entendimiento y mejor descripción es necesario considerar estudios estructurales específicos, lo que ayudaría a tener un mejor conocimiento de la historia geológica del área y su configuración tectónica actual. En este capítulo se presentan algunos criterios generales acerca de la geología estructural, mismos que no pretenden ser exhaustivos sino únicamente ilustrativos.

Generalidades.—Al igual que otros cuadrángulos adyacentes tanto al este como al oeste, el cuadrángulo El Progreso yace en la parte norte de Centro América, subyacida por corteza fuertemente plegada y fallada pre-Mesozoica, conocida como Centro América Nuclear (CAN). Centro América Nuclear ha sido subdividida en dos bloques corticales principales, el Bloque Maya al norte y el Bloque Chortis al sur (DENGO, 1969). Separando ambos bloques MÜLLER (1979) reconoce otra unidad tectónica regional, la Zona de Sutura del Motagua (ZSM), la cual tiene un ancho variable, entre 5 y 10 km, constituido de bloques ofiolíticos, depósitos sedimentarios y volcánicos, incluyendo grandes cuerpos ultramáficos serpentinizados ubicados en los flancos sur de la Sierra de Las Minas y Chuacús, limitado al sur por la Falla Cabañas. . . Más recientemente, BECCALUVA *et al* (1995), establecieron que la ZSM representa una zona de cizalla sinistral entre los bloques continentales Maya y Chortis, e incluye el Sistema de Falla Motagua (SFM), que está constituido por las fallas de rumbo de tendencia E-O y ENE-OSO (en algunos lugares sísmicamente activas) de Polochic, Motagua, Cabañas, y Jocotán.

Al norte de la ZSM se encuentra el bloque Maya, compuesto por basamento metamórfico sobreyacido por rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas del Paleozoico Superior al Cenozoico; localmente existen intrusiones. La historia tectónica del bloque se revela en múltiples episodios de deformación, los cuales se manifiestan en fuerte plegamiento y fallamiento, emplazamiento de unidades ofiolíticas y metamorfismo retrógrado.

Al sur de la ZSM se encuentra el bloque Chortis, que similarmente al bloque Maya, está compuesto de basamento metamórfico altamente deformado; este basamento se ha reconocido en estar compuesto de por lo menos dos complejos metamórficos. Sobreyaciendo disconformemente este basamento se encuentran unidades sedimentarias, metamórficas y volcánicas del Mesozoico al Terciario. A diferencia del bloque Maya, aquí se observa un registro magmático más extenso y variado.

Entre los bloques Maya y Chortis se encuentra una zona angosta limitada por fallas de tendencia ENE, designada como Zona de Sutura del Motagua. En casi toda su extensión, esta zona mantiene un ancho entre 4 y 5 Km, haciéndose más amplia hacia el extremo continental este. En el cuadrángulo El Progreso esta zona de fallamiento complejo consiste en porciones o segmentos litológicos de diferente naturaleza: rocas ofiolíticas que incluyen serpeninita, anfibolita, esquistos, peridotitas, asociaciones tectónicas (*mélange*); calizas alóctonas, sobreyacidas todas por rocas clásticas continentales.

El cuadrángulo El Progreso se encuentra constituido de tres unidades tectónicas: una unidad al norte que pertenece al Bloque Chortis, una unidad central angosta de proyección este-oeste conocida como Zona de Sutura Motagua, y una unidad al sur perteneciente al Bloque Chortis.

El patrón estructural que sobresale en el cuadrángulo está relacionado a la Zona de Sutura del Motagua, el cual se manifiesta principalmente por fallamiento de tendencia este-oeste, así como fracturas relacionadas en otros ángulos; fallamiento sinistral, plegamiento, juntas, basculamiento, actividad ígnea, son otros rasgos que se atribuyen a esta zona de sutura.

Fallamiento.—Uno de los rasgos más sobresalientes de la geología estructural del cuadrángulo El Progreso es el extenso fallamiento, las unidades litológicas están relacionadas por fallas y en sí mismas se observa una inconsistencia en la continuidad de sus rasgos estructurales, i.e. foliación, estratificación, etc. Básicamente existen dos sistemas de falla, Motagua y Cabañas, sin embargo estos tienen otros sistemas secundarios asociados con cierta angularidad.

Las unidades tectónicas que conforman el cuadrángulo presentan diferentes estilos de deformación frágil, principalmente en la orientación de las fracturas, Fotografía 4.1. La unidad que presenta un patrón más o menos definido es el que se encuentra al sur de la falla Cabañas y el más complejo por estar conformado por fallas con orientaciones muy variadas es el que está al norte del río Motagua. Figura 4.1.



Fotografía 4.1. Falla normal en la Formación Subinal. Afloramiento en la ruta CA-14.

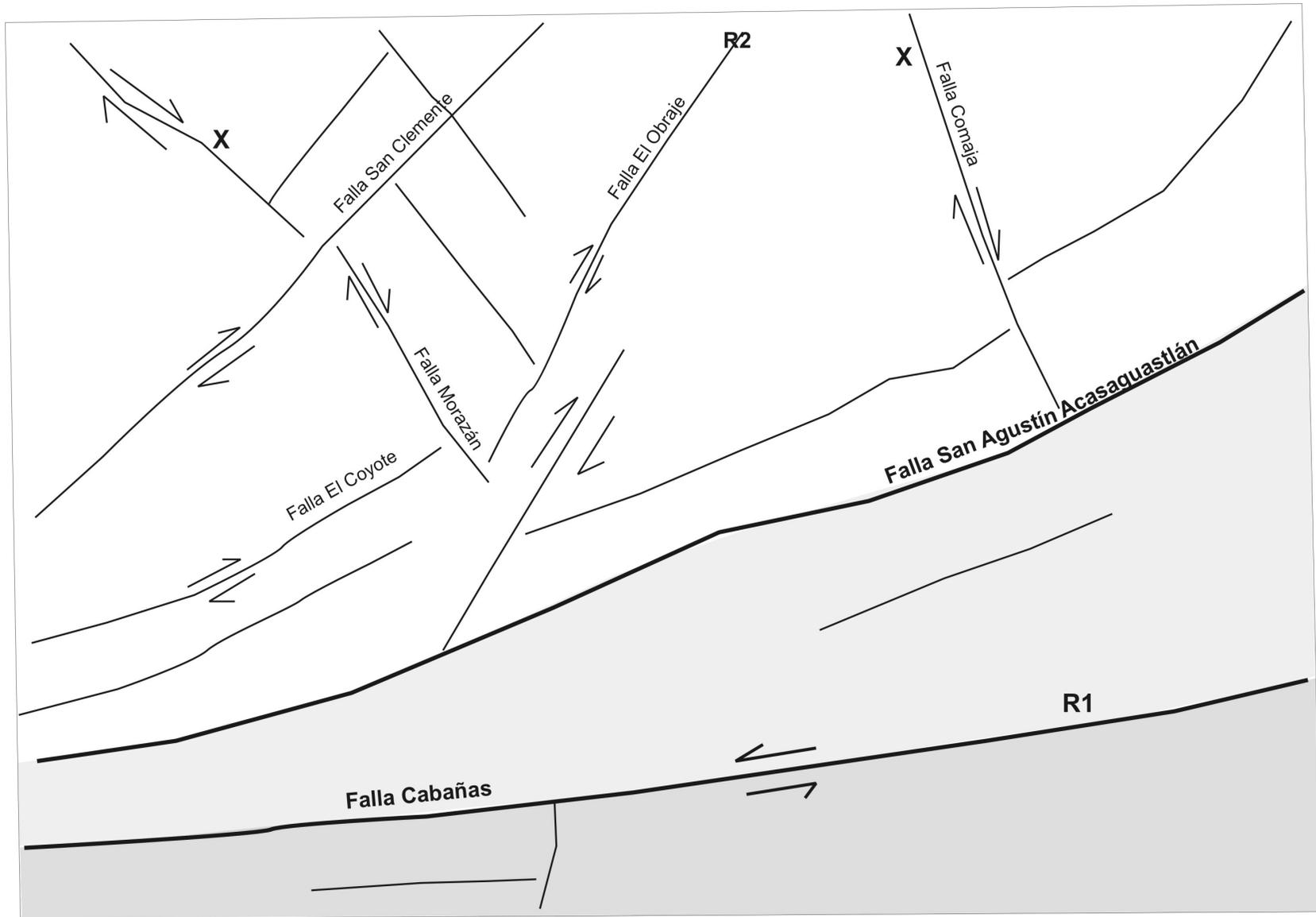


Figura 4.1. Patrones generales de fallamiento del Cuadrángulo El Progreso. Se muestran los dos sistemas de fallas principales: Falla San Agustín Acasaguastlán (dominantemente inverso) y Falla Cabañas (de rumbo sinistral). Asimismo, otros sistemas que podrían ser compatibles con un sistema de cizalla: Falla San Clemente y Falla El Obraje (Sistemas antitéticos Riedel R2); Falla Morazán y Falla Comaja (Cizallas antitéticas X). Asimismo, se distingues tres zonas: al sur de la Falla Cabañas el Bloque Chortis, al norte de esta falla y al sur de la San Agustín Acasaguastlán la Zona de Sutura del Motagua, y finalmente al norte, el Bloque Maya.

El sistema más sureño es la Falla Cabañas, una estructura que está compuesta por varios segmentos que alcanzan varios kilómetros de longitud y que encierran una faja terrígena de un máximo de 2 Km. Típicamente esta zona de falla es de rumbo sinistral, su más reciente movimiento quedó registrado en el terremoto ocurrido en 1976. Esta falla limita al norte lo que geográficamente se conoce como Bloque Chortis, hacia el sur de esta afloran rocas del Complejo Las Ovejas, el cual es basamento de este bloque. Asimismo, hacia el sur también aflora la Diorita que en este informe se considera de edad Cretácico o más reciente. Otro rasgo importante y claro del sistema de fallas Cabañas es que limita internamente el afloramiento de la Formación Guastatoya, así como aluviones y depósitos pomáceos que topográficamente se encuentran más altos que los hallados en el Valle Motagua.

La falla Cabañas está segmentada principalmente por fracturas de tendencia norte-sur, lo cual genera un patrón de drenaje rectangular, i.e. río Guastatoya. Hacia el sur de este sistema, donde aflora la Caliza Cerro de La Virgen, se manifiesta igualmente un patrón rectangular conformado por fracturas de orientación norte-sur, este-oeste.

Al norte de la Falla Cabañas se encuentra lo que se ha descrito como la Zona de Sutura Motagua, una unidad tectónica compleja litológica y estructuralmente. Está conformada por varias porciones tectónicas ofiolíticas y sedimentos clásticos, cenizas pomáceas y aluvión; este orden representa la cronología relativa de estas unidades.

El margen sur de esta zona presenta cierta continuidad y poca dificultad en su delineación; el criterio más práctico es el límite sur de la Formación Subinal, la cual está fallada contra la Formación Guastatoya. El rasgo orográfico más conspicuo es el Cerro Monte Verde, el cual es parte de una serie de cerros que se proyectan tanto hacia el oeste como al este, presentando en sus cúspides derrames de basalto e ignimbritas. La zona de sutura aparentemente ha experimentado un basculamiento con inclinación hacia el norte, lo cual ha permitido que en el margen norte se depositen sedimentos clásticos y volcánicos recientes, mientras que en el margen sur predomine la erosión.

El margen norte es más difícil de delinear y existen diferentes criterios al respecto. MÜLLER (1979) considera que esta zona abarca los principales cuerpos ultramáficos serpentinizados a lo largo del flanco sur de la Sierra de Las Minas y Sierra de Chuacús. Si se aplica este criterio en el cuadrángulo El Progreso, se presentan dificultades en la discriminación de cuerpos ultramáficos que están dentro o fuera de la zona de sutura: muchos cuerpos se proyectan incluso a las partes más altas de la Sierra de Las Minas. De acuerdo a la descripción de BOSCH (1971), la Zona de Falla Motagua está limitada al norte por la Falla San Agustín Acasaguastlán y al sur por la Falla Cabañas, comprendiendo un ancho máximo de 7 km. De acuerdo a este autor, la Falla San Agustín Acasaguastlán es rectilinear, orientada N80°E; define marcadamente los afloramientos más sureños del Grupo Chuacús.

En este estudio se considera como el margen norte de la Zona de Sutura, una serie de fallas que tienen una orientación variable entre N 55 – 70 E. Empezando en el extremo este, en la aldea Ixcanal se encuentran cuerpos de serpentinita fallados contra gneises migmatíticos; estas fallas se proyectan hacia el oeste hasta la parte norte de Marajuma. En este tramo, también se limitan varios afloramientos de metasedimentos hacia el sur.

Desde el norte de Marajuma se proyectan una serie de fallas con tendencia N55E que inciden agudamente con la falla Cabañas; además de estas, existen otras más hacia el sur incluyendo algunas que controlan el flujo del río Motagua. Este sistema de fallas ha controlado la deposición sedimentaria reciente, puesto que tanto los depósitos pomáceos como los aluvionales se alinean en esa misma dirección. La cabecera municipal de Morazán y la aldea Los Aristondos se encuentran sobre un depósito pomáceo cuyo eje más largo tiene esta alineación; esta alineación de fracturas sería el límite norte de la Zona de Sutura del Motagua. Muchas de las fallas que conforman la Zona de Sutura del Motagua son de movimiento inverso, principalmente aquellas más norteñas. Fotografía 4.2.

Otra familia de fallas que conforman la Zona de Sutura Motagua son aquellas que tienen orientación predominantemente norte-sur, similares a aquellas halladas asociadas al fallamiento Cabañas. Existen algunas con orientación N15W que son perpendiculares a la zona de sutura.

El resto del cuadrángulo, hacia el norte de la zona de sutura, presenta un estilo deformacional mucho más complejo, lo cual se manifiesta en la existencia de varias familias de fallas de diversas orientaciones, la foliación es inconsistente



Fotografía 4.2. Cuerpo de mármol cabalgando sobre serpentinitas, al norte de la aldea El Carrizal.

en continuidad y las relaciones entre las diferentes unidades litológicas es brusco, generalmente por fallas.

La primera familia de fallas que sobresale y que aparentemente es la más antigua, es aquella que guarda cierto paralelismo con los descritos como margen norte de la Zona de Sutura del Motagua, y entre estos la más prominente es la que controla el flujo de la Quebrada Los Leones y el Riachuelo San Clemente; esta falla tiene una orientación N45E, está segmentada y desplazada localmente, de acuerdo a fracturas asociadas en San Clemente es falla de rumbo dextral. Esta orientación también se manifiesta en varios cerros que se encuentran al sureste constituidos principalmente de serpentinita, estos cuerpos están limitados por fallas que les contraponen

con esquistos micáceo granatíferos. En todo el margen norte del cuadrángulo se observan segmentos de falla dispersos y que tienen la misma orientación; al norte de Ixcanal se observan fallas que abarcan kilómetros con la misma tendencia.

Existe otra familia de fallas comprendidas entre 15 y 30 grados al noroeste, varios ríos y quebradas que están controladas por estas, así como contactos litológicos. El mejor ejemplo es la falla que existe a lo largo del Río Morazán, que presenta algunos rasgos para interpretarla de rumbo dextral; a lo largo de este río, principalmente en su parte media, se observa un colage de bloques fallados de mármol y esquistos. Hacia el este existen otros ejemplos muy buenos, como el control que existe sobre el Río Comaja y Río Tulumajillo.

Asociado a estas dos familias de fallas, sobresale otro conjunto consistente en cabalgamientos hacia el norte. El caso más excepcional es el Cerro Gordo, el cual consiste en un cuerpo serpentinitico empujado sobre esquistos micáceo granatíferos; así como este se observan varios más que fisiográficamente semejan lóbulos con su parte convexa hacia el norte.

Foliación.—Esta estructura se presenta mejor en la unidad de los esquistos micáceo granatíferos y es variable debido a la abundancia de micas; como se ha mencionado esta unidad presenta una graduación a gneises y a mármoles. También se observa en la unidad de filitas. La tendencia e inclinación de la foliación en los esquistos es muy variable, lo cual se debe principalmente al alto grado de fracturamiento de la unidad; sin embargo, en la unidad de filitas ésta es más consistente y aproximadamente paralela al fallamiento marginal norte de la Zona de Sutura del Motagua.

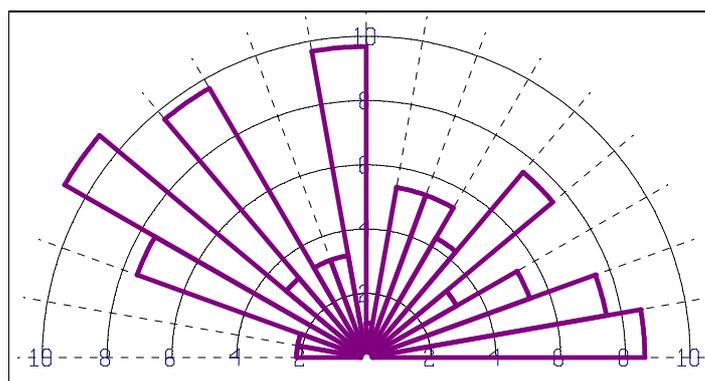


Figura 4.2. Diagrama que muestra las orientaciones predominantes del rumbo de diferentes familias de foliaciones. Se ha elegido este sistema para agrupar eventos diferentes; un estereograma asociaría todas las foliaciones como producto de un solo evento, lo cual sería incorrecto.

De acuerdo a las observaciones realizadas en el campo, en la unidad de esquistos es posible asociar las foliaciones en por lo menos tres grupos, Figura 4.2. El más prominente es aquel cuya orientación promedio N45W, las inclinaciones son variables tanto al NE como al SW; el segundo es de orientación NS y por último otro muy marcado de orientación promedio N45E; existe otro que sobresale con orientación N80E pero este se manifiesta mejor en la unidad de filitas, que se encuentra al pie de la ladera sur de la Sierra de Las Minas, posiblemente uno de los últimos cuerpos en obducir.

La unidad de serpentinitas presenta localmente una pseudofoliación y esta tiene una orientación predominante hacia N45W, lo cual es consistente con aquella que sobresale en los esquistos.

De acuerdo a estos datos y observando la predominancia de foliación orientada al NW, se sugiere que un esfuerzo importante en la historia deformacional de la región tenía una orientación NE – SW, compatible con varios sistemas de falla descritos, como por ejemplo el margen norte de la Zona de Sutura del Motagua.

El estudio de la foliación de las diferentes unidades metamórficas, principalmente los esquistos micáceos permitirá un mejor entendimiento de las relaciones tectónicas y cronológicas de las diferentes unidades litológicas, y así ampliar en el conocimiento de la geología regional; por ejemplo, se podría tener más criterios respecto a la diferenciación entre la unidad de esquistos y algunas unidades del Grupo Chuacús con las cuales se confunde. Es necesario realizar un estudio específico respecto a la deformación de las unidades litológicas con el objetivo de discriminar los estilos deformacionales de la corteza oceánica cabalgante y el basamental Grupo Chuacús.

Diaclasamiento.—El fracturamiento de las diferentes unidades litológicas es el rasgo estructural más sobresaliente, y el grado para cada una depende de las características litológicas, modo de emplazamiento o deposición y edad. La unidad que presenta el mayor grado de diaclasamiento es la Caliza Cerro de La Virgen al punto que se observan fracturas hasta cada 5 cm en diferentes direcciones fragmentando completamente la roca, esto unido al intenso plegamiento; esto se explica considerando que este cuerpo es alóctono y que es típicamente frágil. El rango general predominante de orientaciones de diaclasas está entre N 30-90 E, sobresaliendo una familia con orientación paralela a la alineación de la Falla Cabañas, N80E.

En la unidad de esquistos también presenta varias familias de diaclasas y estas tienen orientaciones similares a los sistemas de falla principales. Existen por lo menos tres familias de diaclasas, siendo la más prominente la de orientación NS, secundariamente existen diaclasas con orientaciones al N30E, y otras más o menos paralelas a la Zona de Sutura del Motagua, con orientación entre N70E y S70E.

En las serpentinitas los patrones de diaclasamiento son igualmente variados, sin embargo, sobresalen dos familias: una orientada al N45E y la otra al N45W, existe una tercera que podría ser importante en la interpretación estructural con orientación NS.

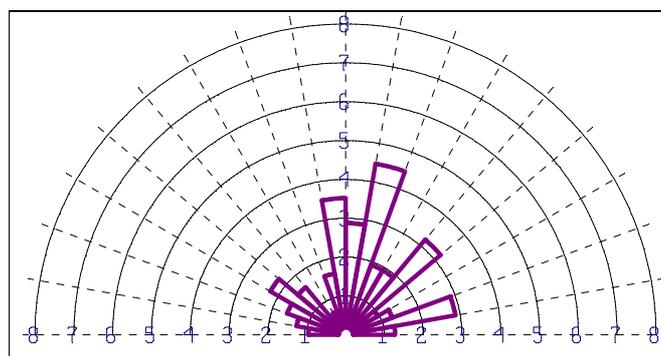


Figura 4.3. Diagrama que muestra los patrones generales de diaclasamiento.

En la Formación Subinal el diaclasamiento más prominente es aquel que tiene una orientación preferencial NS, aunque también se observan familias consistentes entre N40-50E y N70-80W.

En general, reuniendo los diferentes patrones de diaclasamiento del cuadrángulo, se observa que existe una predominancia de las diaclasas orientadas al NE, principalmente entre N10-20E, y secundariamente otras que se orientan al N45W.

Uno de los objetivos principales de este estudio es identificar aquellos materiales, rocas y minerales, que debido a sus características físicas o químicas, tienen un potencial económico; mediante la cartografía geológica del cuadrángulo, se ha realizado una evaluación preliminar de su potencial minero y este estudio puede servir de base para proyectos específicos de minería. A continuación se presenta una descripción general de los materiales que se considera tienen tal potencial, así como su ubicación; esta sección se divide en dos categorías, No Metálicos y Metálicos. Además de estos materiales pueden existir otros cuyo potencial es variable de acuerdo a la demanda del mercado.

No Metálicos:

Talco.—El talco es un Silicato de Magnesio Hidratado y es producto de la alteración de silicatos de magnesio en rocas ultramáficas. En el cuadrángulo El Progreso se han descrito varias unidades ultramáficas, específicamente las del Grupo El Tambor, sin embargo únicamente en la unidad de Pizarras y Filitas se han observado afloramientos potencialmente económicos. Como se mencionó, esta unidad aflora al norte del Río Motagua, al pie de la ladera sur de la Sierra de Las Minas y se ha interpretado como una secuencia metasedimentaria compuesta de pizarras, filitas y mármol; su apariencia verdosa a oscura sugiere sus afinidades máficas. En efecto, la presencia de varios horizontes de talco en esta unidad sugiere una composición original rica en olivinos, u otros silicatos de magnesio, que probablemente provinieron de la meteorización y erosión de basaltos almohadillados u otras rocas de corteza oceánica.

Actualmente existen varios afloramientos de talco que han sido o están siendo explotados artesanalmente, especialmente en los alrededores de la cabecera municipal de Morazán; tal es el caso de aquellos que se encuentran en el Cerro Grande y el caserío Gallegos. Otros ejemplos de explotación se dan en el cuerpo de filitas que está entre Pasasagua y Marajuma, principalmente al margen de la ruta asfaltada.

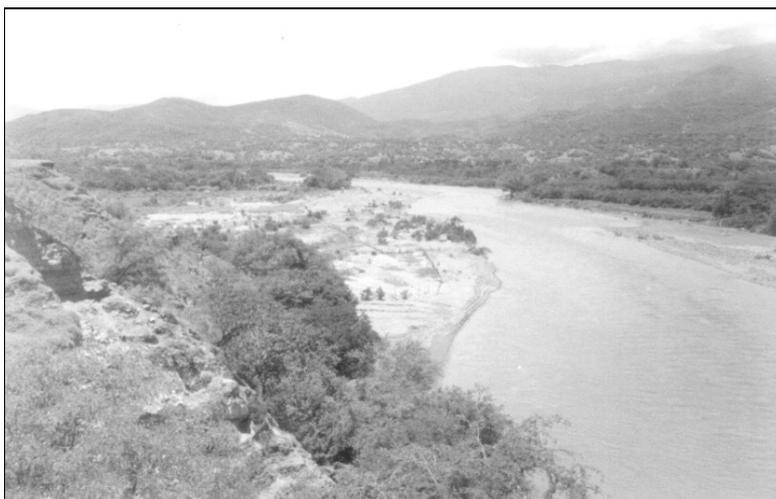
Como se ha establecido, la extensión de afloramiento de esta unidad es relativamente amplia, lo cual permite considerar la posibilidad de más afloramientos y posiblemente de mejores calidades. Establecer esto requerirá de un estudio específico tendiente a ubicar otros afloramientos, aunado a análisis químicos que permitan considerar sus posibles aplicaciones.

El talco generalmente se pulveriza y se utiliza como un ingrediente en papel, en los textiles, cosméticos e industrias de pintura.

Agregados.—Los agregados son aquellas rocas que por su granulometría y consistencia pueden ser utilizados para soporte en mezclas con cemento, en este tipo de materiales entran las arenas y piedrín; entre los aspectos que se consideran en su evaluación económica están el tamaño de grano (se evita al máximo la trituración) y su disponibilidad o cercanía a centros urbanos. En el cuadrángulo El Progreso existen varias unidades que actualmente se presentan altamente trituradas o no cementadas y en este estudio se considera que los que tienen el mayor potencial son los Coluviones, el Aluvión y las Cenizas Pomáceas.

Al referirse a Coluvión, se habla específicamente de aquellos que se han originado producto de la meteorización de la unidad de Caliza Cerro de La Virgen y que se observan a lo largo de la ruta asfaltada entre Sanarate y Guastatoya; como se ha mencionado esta caliza está altamente fracturada por lo que los coluviones están compuestos de rocas de dimensiones centimétricas ligeramente cementadas por caliche. El desmenuzamiento que presenta la unidad permite clasificar por medio de cribas diferentes tamaños de grano, desde polvo hasta piedrín.

Por otro lado, el Aluvión, una deposición muy reciente de materiales clásticos, presenta una gama de granulometrías, desde arenas hasta cantos rodados, no cementados y dispuestos en terrazas muchas veces accesibles. Fotografía 5.1. Las terrazas pueden variar en composición, aunque la mayoría son polimícticas; por ejemplo existen algunos horizontes que están compuestos predominantemente de arenas pomáceas y esto puede ser aprovechado considerando las propiedades aislantes de la pómez.



Fotografía 5.1. Terrazas aluvionales del Río Motagua, una fuente considerable de agregados.

Por último, las Cenizas Pomáceas, que se han interpretado como deposiciones eólicas, permiten la obtención de arenas finas para su uso en la construcción, principalmente.

En el mapa geológico adjunto se presenta la distribución de estas unidades, en la actualidad las tres están siendo explotadas localmente pero existe mayor disponibilidad para considerar otros proyectos.

Mármol.—Se identificó una unidad de mármol de granulometría media a gruesa, de colores que van desde negro hasta blanco, con tonalidades de grises, localmente rosado. Este mármol se presenta en estratos masivos con lentes esporádicos ricos en muscovita; dentro de toda la unidad es común la presencia de cuarzo disgregado o en vetas. Su variedad en colores, potencia de estratos, disponibilidad y pureza, son aspectos que sugieren su consideración para uso ornamental; los colores más atractivos son aquellos absolutos, negro, blanco, rosado; y estos se pueden hallar localmente. Los mejores afloramientos en se encuentran al oeste de San Clemente, al norte de Morazán; debido al tectonismo es posible acceder a afloramientos verticales que muestran la variación en las tonalidades, es allí donde se observaron las mejores tonalidades de rosado.

Serpentinita.—La serpentinita es una roca de color verde a gris verdoso, de grano muy fino, de textura variable dependiendo del grado de serpentización, puede ser cizallada o masiva; su valor ornamental además del color, está determinado por esto último, lo cual es muy variable. En el mercado de rocas ornamentales se le conoce comercialmente como *mármol verde*, y así existen varios tipos, con nombres establecidos a veces por criterios geográficos; en Guatemala se explotan las variedades *Verde Tikal* y *Verde Quetzal*, principalmente.

En el cuadrángulo El Progreso la serpentinita aflora en dos unidades. La unidad de Peridotita Serpentinizada está constituida de serpentinitas s.s. y peridotitas con grados variables de alteración serpentinitica; y la unidad de mélange que es un aglomerado caótico de rocas de diferente tipo, la mayoría de corteza oceánica, dentro de las cuales existen bloques elipsoidales de serpentinita. Fotografía 5.2.



Entre las características necesarias para considerar el potencial

Fotografía 5.2. Bloque elipsoidal de serpentinita en la aldea Carrizo Grande.

económico de la serpentinita, además del color y la textura, están la fracturación (debe ser mínima), alteración (a veces se altera a talco o carbonatos), accesibilidad y volumen. La mayoría de estas no se cumplen en la unidad de Peridotita Serpentinizada por aspectos geológicos, pero en el mélange los cuerpos elipsoidales sí lo hacen y por lo tanto son los que se consideran en este apartado.

Los mayores afloramientos de mélange se encuentran en la parte oeste del cuadrángulo, al noroeste de Morazán, y una faja que comprende las aldeas de Santa Gertrudis, El Coyote, El Terrerito, Platanitos y Los

Achiotes, continuando en la hoja El Chol. Dentro de este mélange se identificaron varios cuerpos de serpentinita con características adecuadas para considerar su aprovechamiento económico.

Filitas.—Las filitas son rocas que debido a su mineralogía y metamorfismo, tienen la propiedad de separarse en capas milimétricas en dimensiones variables, comercialmente se les conoce como *lajas*. Estas filitas se presentan en las unidades de Pizarras y Filitas que aflora al norte del río Motagua y en el margen sur del cuadrángulo.

Las filitas se presentan en tonalidades de color verde y gris, su propiedad de separarse en capas no siempre es buena debido a que esta unidad se presenta a veces crenulada. Actualmente existen algunas explotaciones artesanales al sureste de Marajuma, sin embargo, dada la extensión de este afloramiento es probable que haya mejores afloramientos.

Feldespatos: Este nombre se aplica a un grupo de minerales que comprende las plagioclasas y los feldespatos s.s., son silicatos de K, Na, Ca y Al. Algunas variedades, principalmente la ortoclasa, son minerales industriales. La mezcla de ellos con caolín y cuarzo es fácil de moldear y funde a temperaturas relativamente bajas, para convertirse en porcelana; puede utilizarse como aislante eléctrico, vidrios cerámicos y productos dentales. Debido a su fractura romboédrica es utilizada también como abrasivo. En variedades traslucientes pueden ser utilizados como piedras semipreciosas. Fotografía 5.3.

El grado metamórfico alcanzado en algunas unidades litológicas del cuadrángulo El Progreso ha permitido la generación de diques compuestos principalmente de feldespato, asociado a cuarzo y micas, principalmente. Estos diques están distribuidos en la unidad de mélange, esquistos micáceo granatíferos y gneis migmatítico.

El mejor ejemplo, incluso a nivel nacional, es el dique que aflora en el caserío El Poste. Este dique se encuentra en una zona tectónicamente compleja, su forma es



Fotografía 5.3. Cristales de feldespato. Son muy comunes en los diques en el extremo este del área, principalmente en la aldea El Poxte.

irregular pero su ancho es de varias decenas de metros. Actualmente se está explotando feldespato, aunque también existe cuarzo y variedades de mica económicamente aprovechables. Existe otro dique, en la unidad de gneis migmatítico, al oeste de la aldea Ixacanal compuesto principalmente de feldespato, cuarzo y mica.

Las posibilidades de que existan más afloramientos es alta debido a la extensión de las unidades que se han descrito como hospedantes de estos depósitos.

Cuarzo: El cuarzo es el mineral petrogenético más abundante en la corteza terrestre y químicamente consiste en un óxido de silicio; se puede presentar en forma granular asociado a otros minerales, como gneises, esquistos o cuarcitas, o como diques atravesando cuerpos de roca.

La unidad de esquistos micáceo granatíferos se ha descrito como metasedimentaria compuesta por una sucesión de esquistos-gneis-mármol-cuarcita, y para este caso, la cuarcita reviste de interés económico por existir

la posibilidad de que hayan horizontes de pureza considerable para su explotación. Existen afloramientos que merecen atención al norte del cuadrángulo, especialmente en la carretera que conduce a La Cumbre.

Por otro lado, existen diques pegmatíticos que se han descrito anteriormente en estar compuestos de feldespatos, cuarzo y mica. La explotación de estos diques puede producir como subproducto cuarzo, por



Fotografía 5.4. Dique de cuarzo.

lo que deben ser objetivos de exploración en el área. Además, se observaron diques monomineralógicos de cuarzo que eventualmente pueden evaluarse. Estas posibilidades se dan principalmente en las unidades de esquistos micáceo granatíferos y en los gneises migmatíticos; Fotografía 5.4.

Por aspectos de procesamiento, puede ser que las cuarcitas tengan las mejores posibilidades, ya que debido a su textura granular, favorecen una trituración con menor exigencia infraestructural.

El cuarzo es un mineral muy importante en la industria debido a sus propiedades piezoeléctricas, se utiliza en grandes cantidades en la fabricación de vidrio, pinturas, abrasivos, refractarios e instrumentos de precisión. Los especímenes cristalizados pueden tener valor como piedras semipreciosas.

Caliza.—Esta roca es un carbonato de calcio, si en su composición existe un porcentaje considerable de magnesio, puede ser caliza dolomítica o incluso dolomita s.s. Esta roca cuenta con propiedades físicas y químicas que favorecen su uso en la industria del cemento, en la agricultura, pinturas, etc. Ya se ha mencionado que su meteorización y posterior erosión ha permitido la formación de coluviones, mismos que están siendo

explotados como agregados principalmente, aunque cuando el grano es muy fino puede ser comercializado como “cal dolomítica” para uso agrícola.

Otra aplicación potencial de esta caliza es la fabricación de cemento; regionalmente se dan las condiciones necesarias para tales propósitos, y la existencia de una fábrica al oeste confirma este criterio.

Piedras semipreciosas.—El grado metamórfico alcanzado en algunas unidades litológicas de la región ha permitido el crecimiento de minerales con propiedades ornamentales, dureza, color, tenacidad, etc., capaces de soportar tallado y pulimento en ornamentos de joyería; por otro lado también puede considerarse su aprovechamiento sin modificar sus formas cristalográficas.

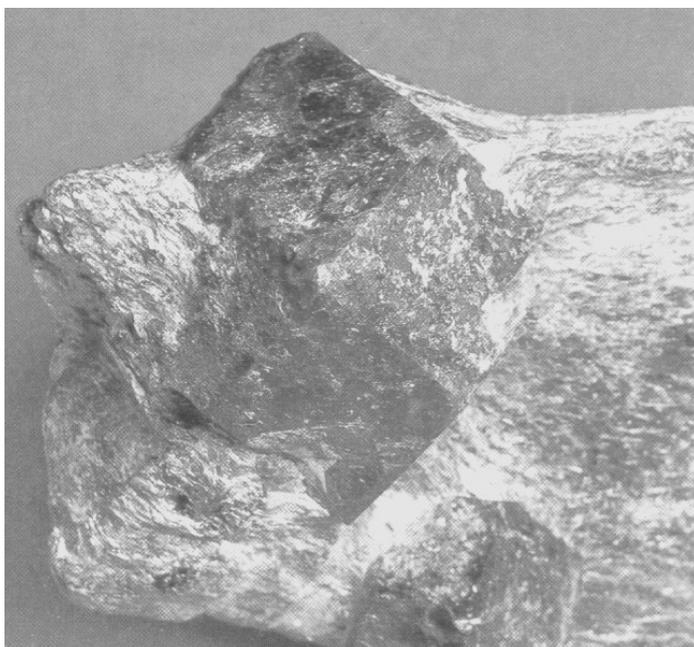
Entre los ejemplos más sobresalientes están los granates, los cuales se presentan en especímenes que llegan hasta tres centímetros en sección, son de color rojo púrpura, se presentan en cristales dodecaedrales o trapezoedrales, se presentan en varias unidades litológicas, principalmente al norte del cuadrángulo, son más abundantes e interesantes en la unidad de esquistos micáceo granatíferos. Fotografía 5.5.

Por otro lado, algunos diques pegmatíticos presentan drusas de cuarzo; los cristales que las componen son de tamaños variables. Estos cristales pueden ser comercializados como piezas ornamentales y sus precios dependen del tamaño, color y grado cristalino.

Jadeíta.—Este mineral puede ser considerado como piedra semipreciosa, sin embargo, debido a su connotación comercial se le considera en un apartado específico.

La jadeíta es un silicato de hierro, aluminio y sodio, raramente forma cristales, generalmente es compacto, blanco verdoso a verde o negro, de alta dureza (6-7), transluscente con lustre vítreo, entre sus características más importantes. Este mineral se forma en altas presiones y mediana temperatura, condiciones típicas de la facies de esquistos azules.

Al sur de la aldea Tierra Blanca, al margen de la ruta asfaltada se hallaron cuerpos decimétricos de jadeíta dentro de la unidad de Mélange, es parte del conjunto de rocas descritas que conforman esa unidad.



Fotografía 5.5. Porfiroblastos de granate, comunes en los esquistos micáceos. El cristal tiene 2 cm de sección.

Magnesita.—Este mineral es un carbonato de magnesio, se forma por la alteración de rocas ultramáficas a través de la acción de aguas que contienen ácido carbónico; se encuentra en bolsones o lentes masivos. Es una de las menas principales de magnesio y sus sales, se utiliza en la manufactura de refractarios básicos capaces de soportar temperaturas extremadamente altas y para tipos especiales de cemento, así como en la industria farmacéutica.

La unidad litológica que muestra el desarrollo de magnesita es la Peridotita Serpentinizada, especialmente donde la serpentinización es completa. Esto es, en el margen norte del Río Motagua.

Agua.—Este mineral es probablemente el recurso más importante para la existencia humana, puesto que no se puede prescindir de este. Sus usos básicamente son el consumo humano, agricultura, generación de energía, industria en general.

En el área de estudio existen dos fuentes primarias de este recurso. La Sierra de Las Minas provee de abundantes quebradas y ríos, muchos de ellos permanentes en todo el año; y los aluviones son zonas de acumulación de agua en forma de acuíferos.

Metálicos:

Las rocas predominantes en el área son ultramáficas o sus equivalentes metamórficos, por lo tanto, los minerales metálicos que podrían formar depósitos económicos son aquellos que tienen afinidad con estas rocas: cromo, platinoides, REE (Elementos de Tierras Raras).

Por otro lado, dada la existencia de un intrusivo de composición intermedia, existe la posibilidad de la formación de depósitos de skarn. La diorita tiene similitud con la Diorita Bella Vista, que se ubica al norte de San Pedro Ayampuc y en la cual se ha identificado mineralización tanto en el exoskarn como en el endoskarn, allí su roca caja son filitas del Grupo El Tambor.

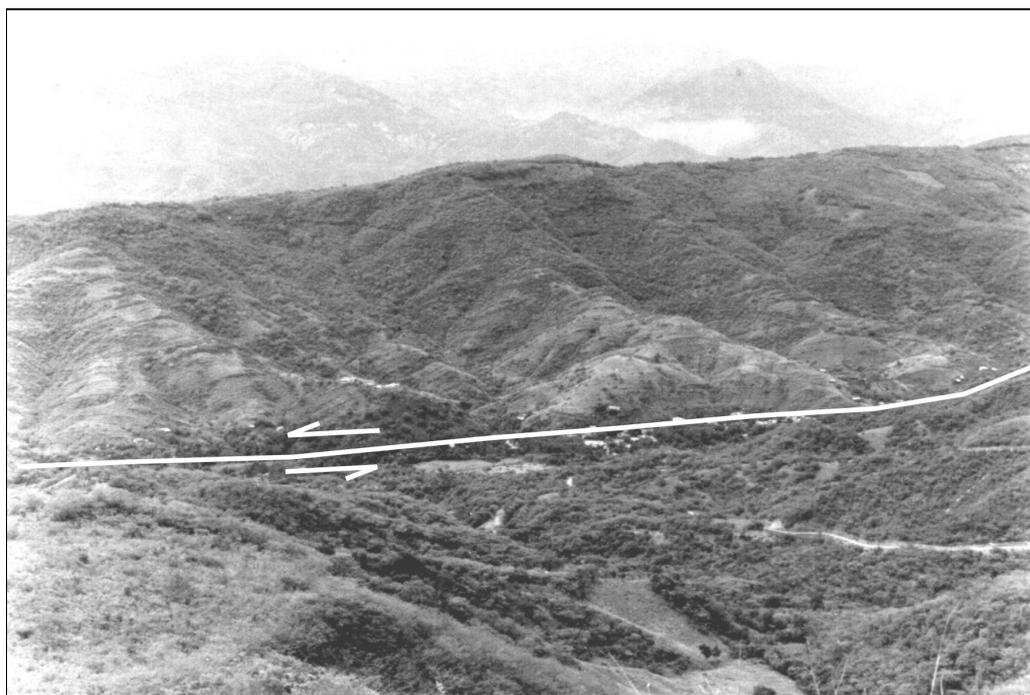
Uno de los objetivos del estudio de la geología del cuadrángulo El Progreso es que, basado en las características litológicas, topográficas, climáticas y demográficas, se promuevan estudios más específicos entre los que se incluya la caracterización y evaluación de las amenazas naturales (geológicas) a los cuales están expuestas comunidades humanas; así también el uso adecuado y conservación de recursos minerales, agua principalmente; en general, coadyuvar a la convivencia humana con su entorno en forma armoniosa, segura y sostenible.

A continuación se presentan algunas consideraciones relativas a las amenazas existentes sobre el entorno por aspectos geológicos, debe quedar claro que para concluir en este tema es necesario realizar un estudio profundo que considere y mida los diferentes factores que inciden en la ocurrencia de estos.

Amenazas Geológicas.—El territorio guatemalteco está caracterizado en estar expuesto a diversos tipos de amenazas de origen natural, principalmente geológico, esto debido a su configuración tectónica, la interacción de por lo menos tres placas tectónicas, su ubicación en una zona propensa a acción de huracanes, su topografía contrastante, su alta densidad demográfica, su bajo nivel económico, alto grado de pobreza, etc. Entre las amenazas identificadas se encuentran las sísmicas, por derrumbes, por deslizamientos e inundaciones.

Sismos.—El cuadrángulo El Progreso se ubica en la Zona de Sutura del Motagua, una faja inestable producto del choque y movimiento constante de dos placas tectónicas. Debido a estas condiciones, esta zona está propensa constantemente a los sismos, y como ejemplo sobresaliente está el terremoto ocurrido en 1976 cuando la falla de Cabañas experimentó un desplazamiento sinistral máximo de casi 3 m, Fotografía 6.1; este fenómeno ocurre con frecuencia como producto de la fricción entre las dos placas, por lo que se debe tener presente el hecho de que las comunidades que habitan en esta región están constantemente amenazadas por sismos.

Deslizamientos.—Las características topográficas, litológicas y climáticas del cuadrángulo son aspectos que al interactuar pueden favorecer la ocurrencia de movimientos de masas rocosas. Por medio de la identificación de coluviones se ha obtenido una idea general de las condiciones ideales para la ocurrencia de estos movimientos. Las unidades que muestran estos fenómenos son las Peridotitas Serpentinizadas y los Esquistos Micáceo Granatíferos; esto debe conjugarse con la inclinación de laderas, precipitación y cobertura vegetal para identificar las zonas habitadas propensas a colapsar.



Fotografía 6.1. Traza de falla Cabañas, separando Formación Subinal al norte, de Formación Guastatoya al sur. Esta falla está activa poniendo en riesgo muchas comunidades que habitan a lo largo del río Guastatoya.

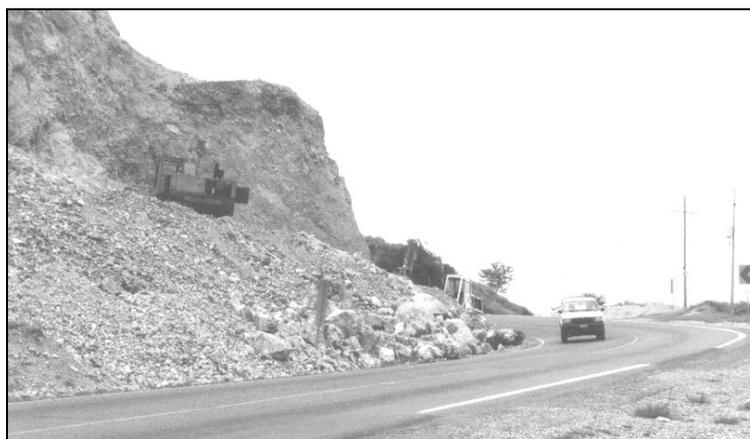
Un ejemplo interesante de la coexistencia de productos deslizados y comunidades es la aldea Jute de la Cobana. Aquí se observa un coluvión de aproximadamente 1 km², sobre el está asentada la aldea; sería interesante evaluar las condiciones topográficas circundantes, puesto que los deslizamientos pueden tener recurrencia cuando las condiciones lo permiten.

Derrumbes.—Este fenómeno es similar a los deslizamientos, la diferencia básica es que los derrumbes o caída de rocas generalmente no presentan cicatrices de desplazamiento y la masa transportada se mueve en forma caótica, mientras que los deslizamientos se mueven sobre algún tipo de superficie y la masa puede conservar interiormente su estructura.

Esta amenaza se da principalmente a lo largo de la ruta entre Sanarate y El Rancho, y su ocurrencia se acelera debido a factores antrópicos, Fotografía 6.2. En este tramo carretero existen coluviones y sedimentos clásticos, los cuales por su falta de cohesión o baja cementación, por la inclinación inadecuada de taludes de carretera, y por la explotación descontrolada de los coluviones, están propensos a colapsar sobre la carretera. Esto también se ve favorecido con excesiva precipitación o eventualmente por sismos.

En la ruta El Rancho-La Cumbre, específicamente en el tramo de los Km 102 y 108, en el afloramiento de peridotitas serpentinizadas también existe la probabilidad de que se generen derrumbes. Esto debido al alto grado de fracturamiento y lo abrupto de los taludes.

Inundaciones—En el cuadrángulo El Progreso se dan las condiciones topográficas e hidrográficas para la ocurrencia de inundaciones. Uno de los criterios principales para delimitar zonas propensas a inundación son las terrazas recientes, puesto que estas son manifestaciones de los límites alcanzados por los ríos durante inundaciones pasadas.



Fotografía 6.2. Incremento de la amenaza por derrumbes a lo largo de la ruta CA-14, debido a explotaciones del coluvión de caliza. El peligro se acrecienta por falta de medidas de seguridad.

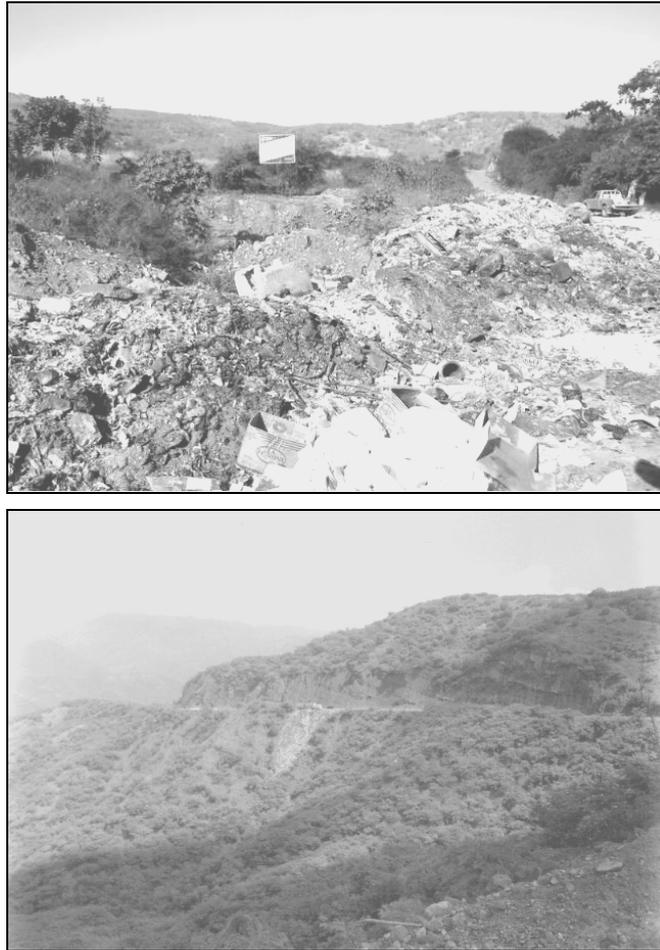
Tanto el río Motagua como el Guastatoya presentan probabilidades de ocurrencia de inundaciones, sin embargo, es el segundo el que por morfología presenta mayor peligro a las comunidades, ya que el río presenta un encañonamiento al oeste de El Terrorito, permitiendo la acumulación o inundación del aluvión anterior. Se considera que existe peligro por inundación para varias comunidades que se encuentran en los márgenes del río Guastatoya desde la parte sur de la cabecera municipal, hasta el caserío El Terrorito.

Contaminación del subsuelo y recursos hídricos.—En este apartado se pretende resaltar las implicaciones que tiene sobre el ambiente, la disposición inadecuada de desechos sólidos y líquidos. Esta práctica se realiza en todas las comunidades de la región, y consiste principalmente en la proliferación de basureros, sobresaliendo por sus dimensiones aquellos cercanos a la cabecera municipal de Guastatoya.

Esta práctica conlleva diversos efectos al medio, empezando con la contaminación ambiental por olores, impacto visual, y otro muy importante, la contaminación del subsuelo y recursos hídricos suterráneos; la mayoría de los basureros se encuentran sobre aluviones o en zanjonés cercanos a ríos o quebradas. Fotografías 6.3.

Con relación a los basureros de Guastatoya, preocupa la disposición final de desechos tóxicos como los provenientes de hospitales y clínicas médicas; existen productos compuestos de materiales altamente contaminantes y de alta movilidad que pueden contaminar acuíferos o fuentes de agua.

Es necesario promover estudios tendientes a evaluar los impactos negativos sobre el ambiente, debido a la disposición inadecuada de desechos sólidos; estos estudios deben tomar en consideración aspectos geológicos, puesto que estos determinan el comportamiento subterráneo de contaminantes.



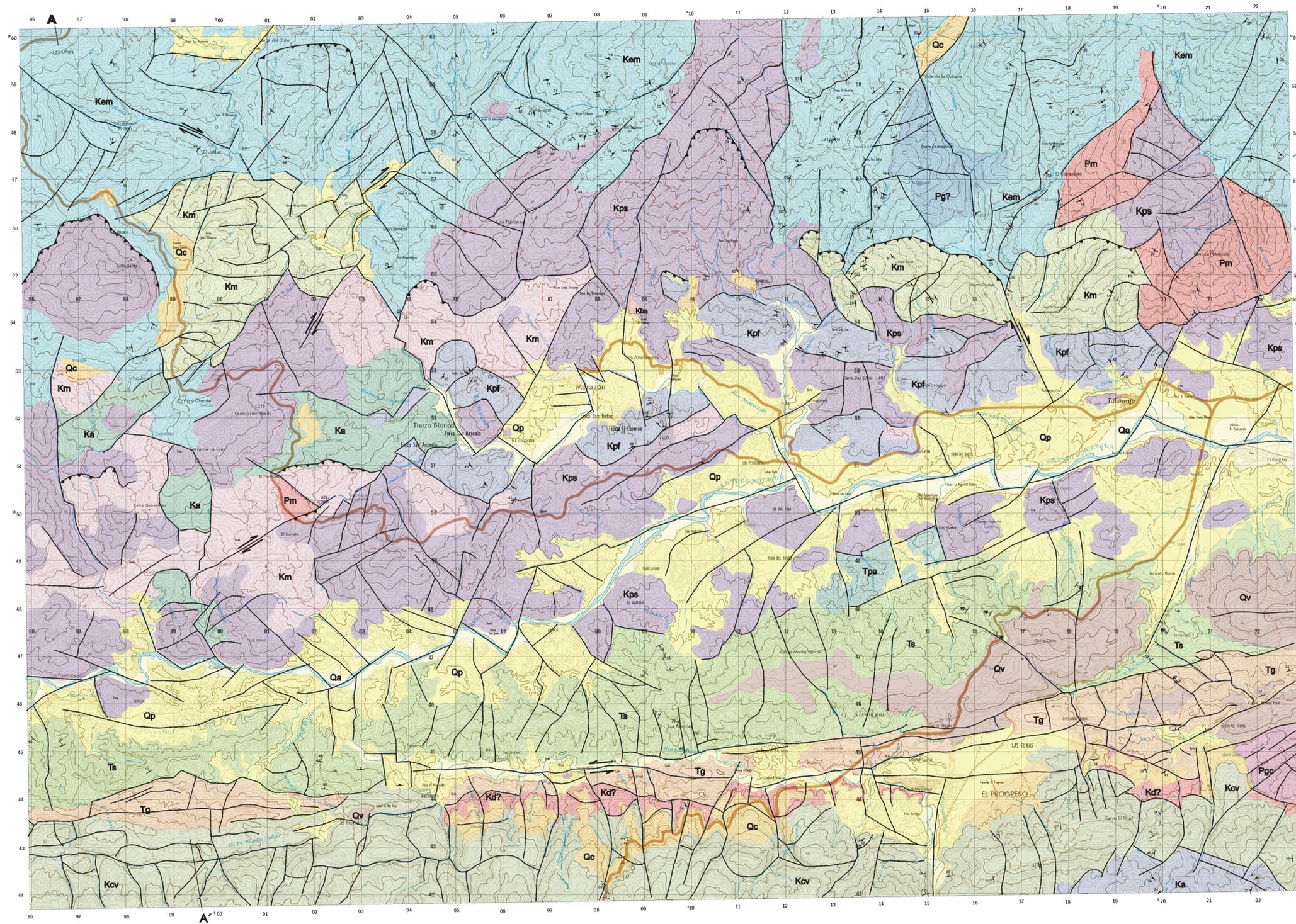
Fotografía 6.3. Ejemplos de basureros. Arriba: Carretera al noreste de Guastatoya, en la aldea Las Tunas; es un basurero que ha crecido rápidamente sin ningún control sanitario. Abajo: Un basurero de muchos que existen a lo largo de la ruta entre Guastatoya y El Rancho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❑ ANDERSON, T.H. 1969. Geology of the San Sebastián Huehuetenango quadrangle, Guatemala, Central America (PhD thesis), Austin, University of Texas.
- ❑ BECCALUVA, L. *ET AL.* 1994. The northeastern border of de Caribbean Plate in Guatemala. Guatemala, ICAITI/Ministerio de Energía y Minas.
- ❑ BEST, G. MYRON, 1982. Igneous and Metamorphic Petrology. W.H. Freeman and Company, New York.
- ❑ BOSCH, E. 1971. Geology of the San Agustín Acasaguastlán Quadrangle. Thesis Ph. D. Texas, U.S.A. University of Texas.
- ❑ BURKART, B., 1965. Geology of the Esquipulas, Chanmagua, and Cerro Montecristo quadrangles, southeastern Guatemala (Ph. D. thesis). Houston, Texas, Rice University.
- ❑ CLEMONS, R.E. 1966. Geology of the Chiquimula quadrangle, Guatemala, Central America (Ph. D. thesis), Austin, University of Texas.
- ❑ CRANE, D.C. 1965. Geology of the Jocotán and Timushán quadrangles, southeastern Guatemala (Ph. D. thesis), Houston, Texas, Rice University.
- ❑ DONNELLY, *ET AL.* 1990. Northern Central America; the Maya and Chortis Blocks. The geology of North America, Vol. H, The Caribbean Region. The Geological Society of America, 1990.
- ❑ EHLERS Y BLATT. 1982. Petrology. Igneous, Sedimentary, and Metamorphic. W.H. Freeman and Company, New York.
- ❑ FOURCADE *ET AL.*, 1994. Dating of the overthrusting of the carbonate platform, and the overthrusting of the ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic, Guatemala. Berlin, Alemania. Newletters Stratigraphies. Gerbruder Borntraeder.
- ❑ GIUNTA *ET AL.*, 2,000. The Motagua Suture Zone in Guatemala.
- ❑ HIRSCHMANN, T.S. 1963. Reconnaissance geology and stratigraphy of the Subinal Formation (Tertiary) of the El Progreso area, Guatemala, C.A. (M.A. thesis); Bloomington, Indiana University.
- ❑ LAWRENCE, D.P. 1975. Petrology and structural geology of the Sanarate-El Progreso area, Guatemala (Ph. D. thesis); Binghamton, State University of New York at Binghamton.
- ❑ MCBIRNEY, A.T. 1963. Geology of a part of the central Guatemalan Cordillera; University of California Publications in Geological Sciences, V. 38.
- ❑ MILIÁN, F. 1998. Levantamiento Geológico y Determinación de Facies Metamórficas, al Norte de Pasasagua, Municipio de San Agustín Acasaguastlán, Departamento de El Progreso, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- ❑ MORÁN, S. 2000. Geología del Cuadrángulo Granados. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- ❑ MÜLLER, P.D. 1979. Geology of the Los Amates quadrangle and vicinity, Guatemala, Central America (Ph. D. thesis); Binghamton, State University of New York at Binghamton.
- ❑ NEWCOMB, W.E. 1975. Geology, structure, and metamorphism of the Chuacús Group, Río Hondo quadrangle and vicinity, Guatemala (Ph. D. thesis); Binghamton, State University of New York.
- ❑ REEVES, T.K. 1967. Geology of the southern half of the El Progreso quadrangle, El Progreso, Guatemala (M.S. thesis), Houston, Texas, Rice University.
- ❑ REQUENA, J.E. 2000. Geología del Cuadrángulo Salamá
- ❑ ROPER, P.J. 1978. Stratigraphy of the Chuacús Group on the south side of the Sierra Las Minas Range, Guatemala
- ❑ ROSENFELD, J.H. 1981. Geology of the western Sierra de Santa Cruz, Guatemala, Central America: An ophiolite sequence. (Ph. D. thesis) Binghamton, State University of New York at Binghamton.
- ❑ SCHWARTZ, D.P. 1976. Geology of the Zacapa quadrangle and vicinity, Guatemala (Ph. D. thesis) Binghamton, State University of New York at Binghamton.
- ❑ WILLIAMS, H. 1960. Volcanic history of the Guatemala Highlands: University of California Publications in Geological Sciences.
- ❑ WILSON, H.H. 1974. Cretaceous sedimentation and orogeny in nuclear Central America; American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V. 58.



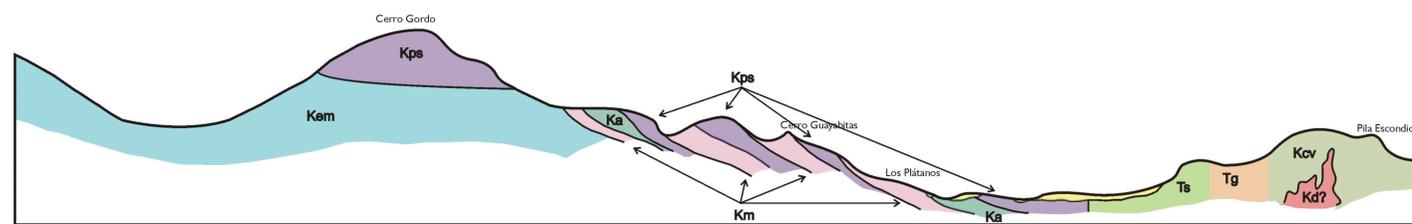


LEYENDA

- Qa Aluvión
- Qc Coluviones
- Qp Cenizas Pomáceas
- Qv Depósitos Volcánicos
- Tg Formación Guastatoya
- Ts Formación Subinal
- Tpa Capas Palo Amontonado
- Kd? Diorita
- Km Mélange
- Kba Basalto Almohadillado (Espilitas)
- Kcv Caliza Cerro de La Virgen
- Km Mármol
- Kem Esquistos Micáceos
- Kpf Pizarras y Fiittas
- Ka Anfibolita
- Kps Peridotita Serpentina
- Pg? Granulita
- Pm Migmatitas
- Pgc Gneis Guarzofeldespático

SIMBOLOGÍA

- 46 Estratificación
- 53 Foliación
- Falla inversa
- Falla de rumbo



Sección Geológica A - A'

MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO EL PROGRESO

ESCALA 1:50,000



DIRECCION GENERAL
DE INVESTIGACION
(DIGI)



Carrera de Geología
del Norte
Centro Universitario del Norte