



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA  
BAJADA DE XHIBIU, TASQUILLO, HGO.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO GEÓLOGO**  
PRESENTAN

**BRAVO CARDONA EDRAS FERNAN**

**Y**

**CORNEJO CRUZ MARICELA**

**DIRECTOR DE TESIS: M. en C. GILBERTO SILVA ROMO**



MÉXICO, D. F., 2009



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-I-1463

**SR. EDRAS FERNÁN BRAVO CARDONA**  
**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. C. Gilberto Silva Romo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA BAJADA DE XHIBIU, TASQUILLO, HGO.**

**RESUMEN**

- I INTRODUCCIÓN**
- II MARCO GEOLÓGICO**
- III ESTRATIGRAFÍA**
- IV GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**
- V GEOMORFOLOGÍA**
- VI CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**
- ANEXOS**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**

CD. Universitaria, D.F., a 27 de octubre de 2008  
EL DIRECTOR

**MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA**

**JGGZ\*RJPYS\*srs**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60-I-1436

**SRITA. MARICELA CORNEJO CRUZ**

**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. C. Gilberto Silva Romo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA BAJADA DE XHIBIU, TASQUILLO, HGO.**

**RESUMEN**

- I INTRODUCCIÓN**
  - II MARCO GEOLÓGICO**
  - III ESTRATIGRAFÍA**
  - IV GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**
  - V GEOMORFOLOGÍA**
  - VI CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

**"POR MI RAZA HARLARÁ EL ESPÍRITU"**

CD. Universitaria, D. F., a 27 de octubre de 2008  
EL DIRECTOR

**MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA**

**JGGZ\*RJPYS\*srs**

## DEDICATORIA

*A mi mamá*

*por ser la mujer que más admiro y quiero,  
pero sobre todo por ser mi más grande ejemplo....*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi mamá por el gran amor que le tengo, por la gran ayuda que me transmite con su sola presencia, por enseñarme que en la vida nunca me debo dejar vencer por ningún obstáculo, pero sobre todo por el gran ejemplo que me ha dado con esa gran fortaleza que siempre ha tenido en la vida ¡Mil gracias!*

*A mis hermanos María, Rosalba, Joel e Iris, no se como darles las gracias ya que siempre he contado y contaré con su apoyo en todos los sentidos, pero les agradezco mucho porque nunca me dejaron sola en los momentos más difíciles ¡Gracias por ser los mejores hermanos!!*

*Al Ingeniero Silva, por ser una gran persona; un profesional y amigo que siempre me ha brindado su conocimiento, amistad y sinceridad. Por todo eso y más ¡Gracias!*

*A mi gran amiga Ara, la verdad no se como darte las gracias ya que siempre has estado en todo este transcurso de la carrera así como de este proyecto, me enseñaste que en la vida no todo es negro ni blanco sino que en ella existen varios tonos de grises; pero sobre todo ¡Gracias por contar con tigo en todo momento!*

*A mis amigos Armando y Lilia, porque todo el tiempo me ayudaron, me apoyaron en todas mis decisiones, y estuvieron cuando yo más los necesitaba ¡Gracias por todo Pasteles!*

*A mis amigos y compañeros Alma, Cristian, Neri, Ángeles, Priscila, Carolina, Fabián, Francisco y Alexander ¡Gracias por todas las buenas experiencias!*

*A la UNAM por abrirme las puertas con majestuosidad y forjarme con calidad educativa en todo sentido.*

*Atentamente*

*Maricela Cornejo Cruz*

## *AGRADECIMIENTOS.*

*A mi madre, por estar a mi lado, por nunca haberse rendido cuando las cosas se hicieron más difíciles, por darme tanto cariño y amor en los momentos en los que más lo necesitaba gracias, me faltará toda una vida para agradecerte.*

*A Julio, mi hermano, por ser esa parte de mi vida que me recuerda que no todo es siempre estar serio y mal humorado, gracias por todas las peleas, gracias por hacerme reír, por hacerme enojar, gracias por ser mi hermano.*

*A mi padre, por darme las enseñanzas más duras de la vida, tal vez sin estas no hubiera conseguido esto que ahora les dedico y de lo cual son parte fundamental.*

*A Marcos y Miguel, por compartir conmigo lo bueno y lo malo en estos años que llevamos de conocernos, por todas las aventuras que vivimos juntos, por cada una de las veces que estuvieron ahí cuando más los necesitaba, me faltan palabras para agradecerles.*

*A "Chimal" por ser como es y demostrarme lo que en verdad es el Honor, la Lealtad y la Dignidad, por darme estas muestras de amistad incondicional en las cuales me pude apoyar en los momentos más difíciles de la carrera.*

*A Beto y Hugo, por que en tan poco tiempo me dieron toda su confianza y apoyo.*

*A Maricela, por soportar y soportarme, por estar pendiente de este trabajo, por que sin ella no hubiera terminado todo este proyecto, por que tal vez no hubiera encontrado una mejor compañera de tesis, gracias por ayudar a que esto no se quedara solo en un sueño.*

*A la familia Martínez, por todo con lo que me ayudaron a lo largo de estos años, ya fuera material o moralmente, por darme lecciones de vida que no hubiera aprendido en las aulas.*

*A Alfredo Victoria, por ser mas que un profesor, por ser un amigo y aun mas, gracias por toda la ayuda que me proporciono en estos años.*

*A todos los profesores del salón 400, por aguantarme, ayudarme, escucharme por enseñarme, pero sobre todo por dejarme ser parte de esa familia que tanto me apoyó durante mi carrera y en este proyecto.*

*Gracias a todos y cada uno de ustedes, gracias a los que en estos años llegaron y se quedaron a mi lado, gracias a los que llegaron y se fueron, también de ellos aprendí bastante y es justo que les agradezca por lo que hayan aportado hasta este punto de mi vida.*

*A todos y cada uno de ustedes sólo me resta decirles: ¡Gracias Totales! Edras....*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos y metas	2
1.2. Trabajos previos	3
1.3. Localización y vías de acceso	4
1.4. Método de trabajo	6
1.5. Fisiografía	9
1.5.1. Orografía	10
1.5.2. Hidrografía	11
<b>2. MARCO GEOLÓGICO</b>	<b>12</b>
<b>3. ESTRATIGRAFÍA</b>	<b>15</b>
3.1. Formación Trancas	16
3.2. Formación Tamabra	17
3.3. Formación Soyatal	18
3.4. Grupo Pachuca	19
3.4.1. Formación Corteza	19
3.4.2. Formación Boxaxuh	20
3.5. Formación Naxthey	21
3.6. Formación Xhibiu	21
3.6.1. Columna estratigráfica A	24
3.6.2. Columna estratigráfica B	26
3.6.3. Columna estratigráfica C	31
3.7. Aluvial	37
3.7. Rocas ígneas intrusivas	37
<b>4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	<b>39</b>
4.1. Falla El Defay	41
<b>5. GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>44</b>
5.1. Origen y Evolución de la Bajada de Xhibiu	46

<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>52</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>55</b>
1. Apéndice Petrográfico	55
2. Apéndice Estratigráfico	58
Columna estratigráfica A	58
Columna estratigráfica B	60
Columna estratigráfica C	64
<b>ANEXOS</b>	
Mapa Geológico escala 1:50,000	

## RESUMEN

Al noreste de Tasquillo, Hgo., al pie de la Sierra Juárez se reconoció una bajada, que denominamos Bajada de Xhibiu; esta se acumuló sincrónicamente al desplazamiento normal de la Falla El Defay, en sus abanicos aluviales se identificaron gravas y bloques de distinta naturaleza como son: rocas sedimentarias calcáreas y clásticos del Mesozoico y de rocas ígneas extrusivas e intrusivas del Cenozoico.

En el bloque de piso de la Falla El Defay están las formaciones Trancas, Tamabra y Soyatal, mismas que aportan los clastos sedimentarios; mientras que los clastos de tipo ígneo extrusivo e intrusivo tienen su origen en las rocas volcánicas de la Formación Corteza, Formación Naxthey y el Intrusivo de Granodiorita.

La Falla El Defay es una estructura de tipo normal con un rumbo general N77°E y un echado de 54° hacia el sureste y presenta un escalonamiento derecho, su cinemática fue claramente reconocida con base en estrías e indicadores cinemáticos. La falla corta tanto a las sucesiones mesozoicas como a las cenozoicas y su actividad es contemporánea a la edificación de la Bajada Xhibiu, lo cual se ve reflejada en el ensamble de facies observado.

La edad de la Bajada de Xhibiu y de la Falla El Defay la consideramos posterior a la acumulación de la Formación Corteza (Grupo Pachuca), probablemente del Mioceno-Plioceno.

# 1. INTRODUCCIÓN

Las bajadas son rasgos geomorfológicos que tienden a formarse al pie de los macizos montañosos y se extienden hacia planicies mas bajas, son originadas por la unión de varios abanicos aluviales lo que genera una superficie suave y ondulada, por lo general se forman en un clima poco árido (Lugo Hubp, 1989). El estudio de las bajadas es de gran importancia ya que los depósitos aluviales acumulados en ella pueden ser yacimientos de placer si los clastos que lo conforman provienen de una zona mineralizada y en el caso de depósitos antiguos pueden funcionar como rocas almacenadoras de hidrocarburos.

Al norte de Ixmiquilpan se encuentra la bajada, la cual está conformada por depósitos aluviales con distinta procedencia, desde rocas sedimentarias calcáreas y clásticas del Mesozoico, hasta rocas ígneas extrusivas e intrusivas del Cenozoico, todas provenientes de las distintas unidades expuestas en el norte del área. En este trabajo se llevó a cabo la cartografía y estratigrafía del área, se analizó la estructura geológica, así como la identificación de facies de los depósitos aluviales a partir de la medición de tres columnas estratigráficas, para proponer el origen y evolución de esta bajada que denominamos Bajada de Xhibiu.

## 1.1. Objetivos y metas

- Reconocer las características geológicas de la Bajada de Xhibiu y el entorno tectónico en que se formó.
- Proponer una hipótesis, que explique el origen y evolución de la Bajada de Xhibiu.

- Elaborar la cartografía geológica de carácter litoestratigráfico a escala 1:50,000 del área de la bajada de Xhibiu.
- Identificación de las facies para depósitos aluviales con base al esquema propuesto por Miall (2000), que se encuentran en la Bajada de Xhibiu.

## **1.2. Trabajos previos**

La zona donde se encuentra la Bajada de Xhibiu ya ha sido estudiada con anterioridad en forma general, debido a que se encuentra relativamente cerca de Zimapán Hgo., conocida por sus depósitos minerales, aunado a esto se encuentran los trabajos relacionados con la petrología y estudio de las facies de las rocas carbonatadas de la Plataforma Valles San Luís Potosí y la Plataforma de Actopan.

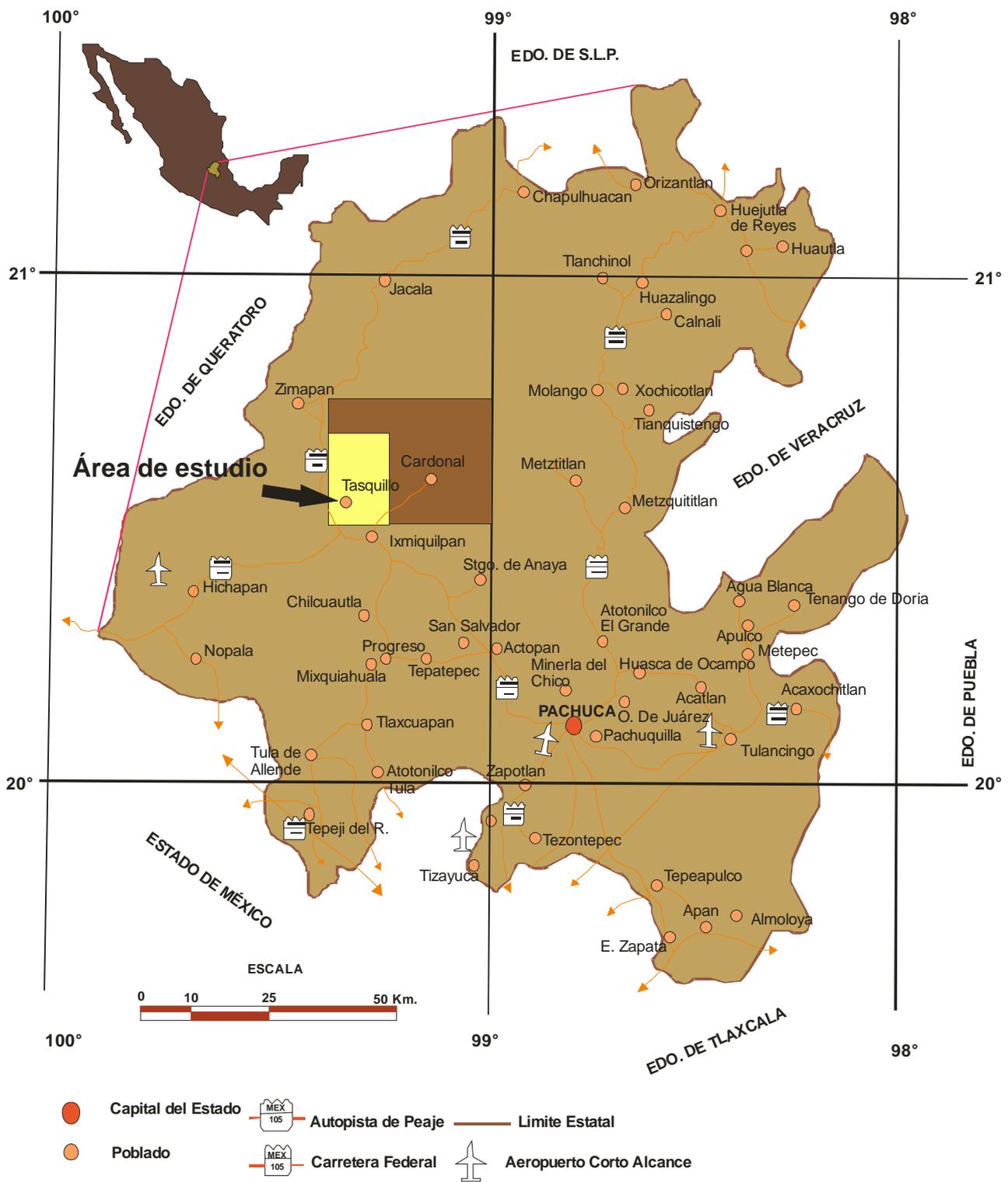
Segerstrom (1961) realizó un estudio geológico regional del sureste del estado de Hidalgo. Fries (1962) elabora la Hoja Pachuca 14Q-e(11) escala 1:100, 000, publicada por el Instituto de Geología de la UNAM. Carrasco-Velázquez (1971) realiza un estudio de las litofacies de la Formación El Abra en la Plataforma de Actopan Hgo; en el cual se propone un modelo sedimentológico para las diferentes litofacies ubicadas en esta plataforma. Carrillo-Bravo (1971), define y publica un trabajo acerca de la Plataforma Valles San Luís Potosí. Carrillo-Martínez y Suter (1982) dirigen una excursión geológica en la zona y publican un libro guía donde caracterizan la deformación de la parte occidental de la Sierra Madre Oriental, además mencionan la existencia de una cuenca entre el complejo arrecifal El Doctor y la Plataforma Valles-San Luis Potosí. Suter (1987) elabora un trabajo acerca de los estilos de deformación predominantes entre el banco calcáreo El Doctor y la Plataforma Valles-San Luis Potosí, y analiza como influyeron los elementos paleogeográficos en la deformación. La Facultad de Ingeniería (1984) elabora el "Prospecto Progreso" para PEMEX en el cual se lleva a cabo un trabajo de cartografía geológica, la elaboración de secciones

geológicas, el estudio de la geología estructural. Suter et al. (1995) publican un artículo acerca del Graben de Aljibes donde proponen que el Graben es una frontera entre la provincia de Cuencas y Sierras con la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Suter et al. (1995), reconocen una zona de extensión en la parte central de la FVTM, en la que se incluyen varios grabens entre ellos se encuentra el Graben de Aljibes y el Graben del Mezquital. Suter et al. (1996), publican un trabajo acerca de la sismica presente en la zona de Ixmiquilpan y la asocian al Graben de Aljibes y el Graben del Mezquital. López-Reyes et al. (1997) elaboran la carta Geológica Pachuca a escala 1:250, 000. GYMSA (2001) elabora la carta Geológica Minera Tasquillo F14-C69 escala 1:50, 000 que abarca toda el área de estudio.

### **1.3. Localización y vías de acceso**

La zona de estudio, está delimitada por las coordenadas 99°20' 00" y 99°13'30" de longitud W y 20°30' 00" y 20°40' 00" de latitud N, cubriendo un área aproximada de 240 km<sup>2</sup>. El área se encuentra representada en la carta Tasquillo F14-C69 del INEGI a escala 1: 50,000.

El área se encuentra bien comunicada, al sector occidental se puede acceder por la carretera federal No. 85 México-Nuevo Laredo (figura 1.1), en el tramo que va de Ixmiquilpan a Zimapán y atraviesa el poblado de Tasquillo, desde el cual se puede llegar a La Candelaria por medio de un camino de terrecería y por caminos pavimentados a los poblados de Juchitlán, Motho y Bhondi.



**Figura. 1.1** Mapa de localización del área de estudio. Modificado del reporte de la carta Tasquillo (GYMSA, 2001).

Siguiendo la carretera federal 85 es posible llegar a las comunidades de Xhita Primero y Xhita Segundo (San Isidro), al primero se accede por medio de un camino de terrecería que entronca con la carretera, la cual lleva a la parte suroeste del Cerro Juárez; en tanto que a Xhita Segundo (San Isidro) se llega por un camino pavimentado que entronca con la carretera No. 85 y que comunica a las comunidades de Santa Rita y Puerto Juárez.

A los sectores noreste y sureste se puede acceder por un camino pavimentado que comunica a las poblaciones de Ixmiquilpan y Cardonal, de este camino se desprenden otros igualmente pavimentados que dan acceso a las poblaciones de San Juanico, La Heredad (El Salitre) y Puerto Dexthi.

De la carretera que comunica a los municipios de Ixmiquilpan y Cardonal a la altura de San Nicolás, se desprende otro camino pavimentado que comunica a Orizabita, Las Emes y La Lagunita, estas dos últimas poblaciones se encuentran al este y norte del Cerro La Muñeca respectivamente, siguiendo el camino pavimentado se encuentra un camino de terracería que comunica a las comunidades de Boxhuada, Cantamaye y Naxthey.

#### **1.4. Método de trabajo**

En la realización de este estudio se utilizó la metodología usual en un trabajo cartográfico el cual se comenta brevemente:

##### **a) Compilación Bibliográfica**

En esta parte, nos avocamos a buscar información referente a la zona de trabajo, así como artículos o trabajos que se han realizado sobre bajadas en nuestro país; de estos últimos se encontraron muy pocos y los más destacados fueron el de Norini et al. (2004) y el de Ortiz-Pérez (1981). Se buscó información que nos permitiera identificar y caracterizar las distintas facies que se presentan en los

depósitos aluviales, estudiamos las facies propuestas por Miall (2000) para depósitos aluviales.

Por último se consultó la carta topográfica Tasquillo escala 1: 50, 000 del INEGI (1983) y la carta geológica-minera Tasquillo escala 1:50 000 GYMSA (2001).

### **b) Elaboración de un mapa geológico preliminar.**

En esta parte del trabajo se utilizaron fotografías aéreas verticales escala 1:50, 000 que abarcan la porción suroeste de la carta topográfica Tasquillo F14-C69 (INEGI) cuya escala es la misma que en las fotografías, en estas se realizó la fotointerpretación con ayuda del estereoscopio, con el objetivo de generar un mapa fotogeológico, el cual se ocupó como mapa base para el trabajo de campo (figura 1.2). En su totalidad se ocuparon ocho fotografías aéreas de las líneas 20 y 21, de la línea 20 las fotos 20, 21, 22, 23 y de la línea 21 las fotografías 5, 6, 7, 8. La base topográfica del mapa fue editada a partir del archivo digital de la carta topográfica Tasquillo F 14-C69.

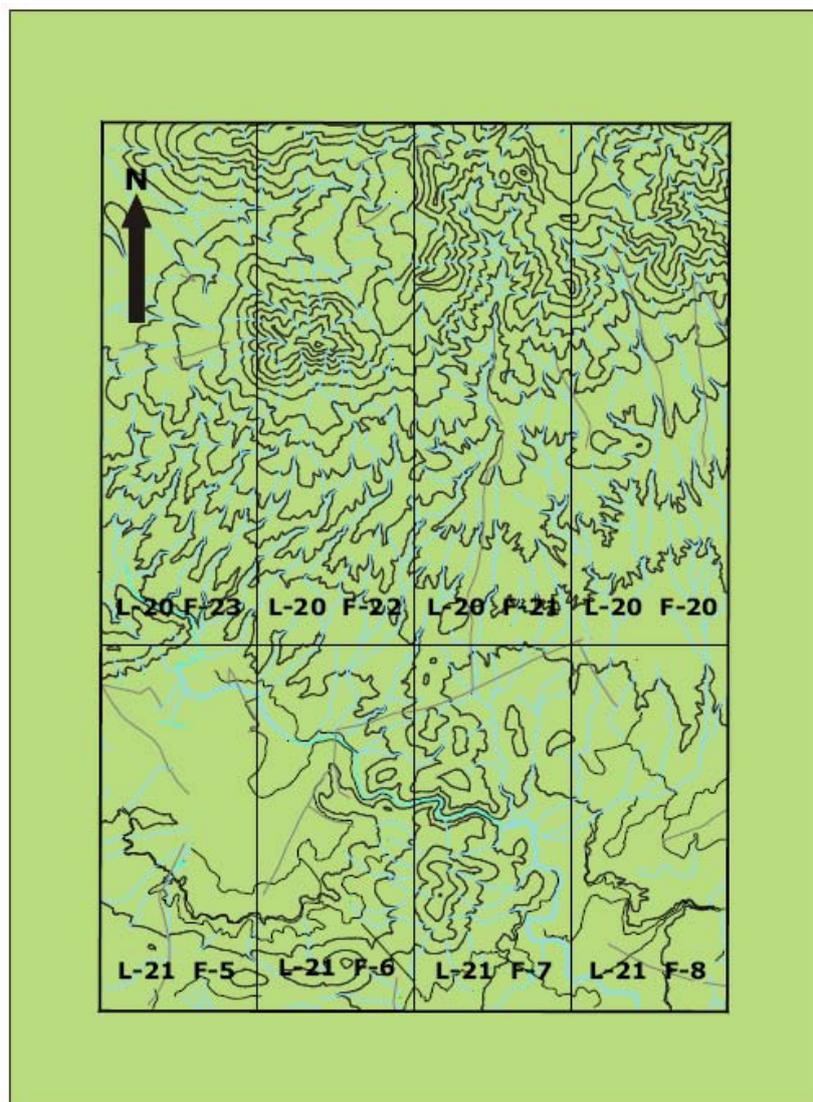
### **c) Trabajo de campo.**

Uno de los propósitos del trabajo de campo fue cotejar y corregir los contactos entre las distintas unidades reconocidas en el estudio fotogeológico, para que posteriormente se delimitara el área que abarca la Bajada de Xhibiu.

En cada uno de los afloramientos se recopilaron datos estratigráficos y estructurales, también se colectaron cincuenta muestras de rocas, tanto de las unidades litoestratigráficas, como de los clastos de los conglomerados.

En los mejores afloramientos de los abanicos aluviales que conforman la bajada, se midieron con el báculo de Jacob tres columnas estratigráficas; en donde se registró gráficamente el tipo de clastos, porcentaje, estructuras sedimentarias

observadas y por último se obtuvieron datos de imbricación para reconocer paleocorrientes, se utilizó la clasificación de facies de Miall (2000) para caracterizar las facies en las columnas medidas. Se obtuvieron datos estructurales en la Falla El Defay, se tomaron cincuenta datos de rumbo y echado de la superficie de falla así como del pitch de las estrías, estos datos fueron, procesados mediante el software StereoNett 2.46 para determinar tipo y sentido de la falla.



**Figura 1.2 Índice de las fotografías aéreas verticales (escala 1:50,000) del INEGI utilizadas en el proyecto, correspondientes a la zona de vuelo II A.**

#### **d) Trabajo de gabinete.**

Los datos obtenidos en campo se analizaron en gabinete con el fin de contar con todos los detalles necesarios para la explicación del origen y evolución de la bajada.

Los datos estructurales obtenidos en la superficie de la falla que nombramos como Falla El Defay, se procesaron por medio del software libre StereoNett 2.46 con el cual obtuvimos el rumbo y buzamiento general de la estructura.

Se realizó un estudio petrográfico a un total de seis muestras de rocas ígneas (extrusivas e intrusivas), determinando su contenido y porcentaje de minerales (por estimación visual), además del tipo de roca del cual se trata (apéndice petrográfico).

Las columnas estratigráficas y sus registros gráficos se digitalizaron mediante un programa de computadora, así como el mapa geológico; también se elaboraron dos secciones geológicas las cuales se editaron con el mismo software.

### **1.5. Fisiografía**

El área de estudio se encuentra comprendida en las siguientes provincias fisiográficas según la clasificación del INEGI (1981), se ubica en el límite de La Sierra Madre Oriental, de la Mesa Central y el Eje Volcánico (figura 1.3).



**Figura 1.3 Mapa Fisiográfico de la República Mexicana (1981).**

### 1.5.1. Orografía

El área presenta tres sectores con rasgos orográficos contrastados, desde el sector norte de carácter montañoso hasta el sector sur con planicies (ver mapa geológico).

El sector norte se encuentra conformado por pendientes muy abruptas que tiene altitudes de 3,000 m como es el Cerro Juárez; entre los cerros La Palma y la Muñeca se observa una cañada en forma de V con una profundidad de 1000 m.

En el sector central se observa la bajada motivo del presente estudio. En la parte septentrional de la Bajada de Xhibiu se aprecia la Mesa Xhibiu, conforme se avanza hacia el sur la bajada presenta pendientes suaves. El desnivel que tiene esta bajada es de 400 m a partir de una altitud de 2,100 m y llega a los 1,700 m.

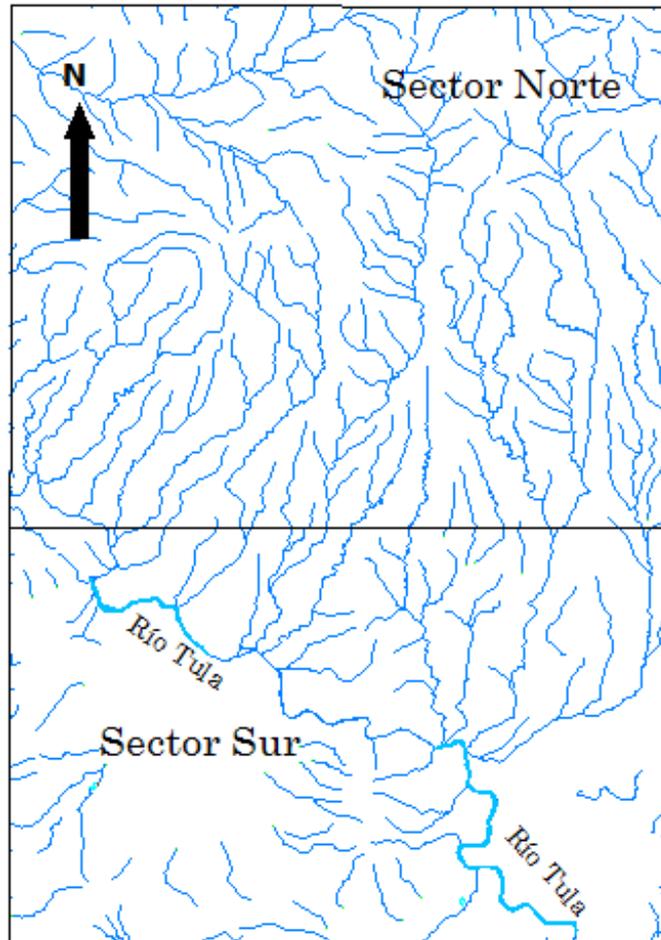
Por último, el sector sur presenta pequeñas planicies en especial el correspondiente al área de Tasquillo y en sus alrededores, con una altitud de 1,700 m. En la porción SE de la región se encuentra otra planicie ubicada entre los poblados San Juanico, El Dexthí y La Heredad. Estas planicies están separadas por un conjunto de cerros y lomas en un arreglo elíptico que corresponden con la Caldera de Tasquillo (Facultad de Ingeniería, 1984).

### **1.5.2. Hidrografía**

El área de estudio se encuentra en la vertiente del Golfo de México, los patrones de drenaje identificados son de tipo radial y sub-dendrítico, la densidad de drenaje es alta, media y baja; dicha densidad es mayor en la parte norte y menor en la parte sur (figura 1.4).

En el sector norte se aprecia un drenaje tipo sub-dendrítico en donde se encuentran las elevaciones más altas; en esta zona se presenta una mayor densidad de drenaje y las corrientes tienen una dirección preferencial hacia el sur en donde confluyen con el Río Tula.

En el sector sur, el drenaje es escaso, en este sector están asentados la mayoría de los poblados y las áreas de cultivo, lo más destacado es que no se tienen grandes elevaciones, el patrón de drenaje en el sector sur es radial condicionado por la morfología de la caldera Tasquillo, por lo general las corrientes desembocan en el Río Tula el cual es una corriente perenne.



***Figuras 1.4 Esquema hidrológico de la región.***

## **2. MARCO GEOLÓGICO**

De acuerdo a la división de Provincias Geológicas de México (Ortega-Gutiérrez et al., 1991), la zona de estudio se encuentra dentro de la Provincia Geológica del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, provincia definida por su origen sedimentario y su edad Mesozoica y un ambiente geotectónico orogénico; en los límites con la Faja Volcánica Transmexicana de edad Cenozoica, provincia de origen volcánico y formada en un ambiente de arco continental, el área se encuentra a unos cuantos kilómetros de la Plataforma Valles-San Luis de edad

Mesozoica, origen sedimentario marino y que fue formada en un ambiente de plataforma (figura 2.1).

Al iniciarse la deformación laramídica, hay un cambio abrupto en el tipo de sedimentación en la parte centro y sur de México, al cambiar de una sedimentación carbonatada a una siliciclástica, esto se refleja en la depositación de la Formación Soyatal, la cual se acumuló mientras ocurría el levantamiento de los terrenos occidentales, los cuales al erosionarse se convirtieron en la fuente de los terrígenos de la Formación Soyatal.

Posteriormente las rocas del Mesozoico fueron deformadas y plegadas durante la fase final de la Orogenia Laramide y su estilo de deformación estuvo dominado por dos elementos paleogeográficos (la plataforma Valles-San Luis Potosí y el banco calcáreo El Doctor), GYMSA (2001).

En el Mioceno se manifiestan episodios de vulcanismo tal vez asociados a la Faja Volcánica Transmexicana. Después hubo un evento de deformación asociado al régimen de extensión intrarco presente en la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana, esto da origen a la Falla El Defay. Esta estructura ayuda al emplazamiento de domos y a la exposición de rocas intrusivas.

La zona con el régimen de extensión, fue identificada por Suter et al. (2001) debido a la sismicidad que existe en la zona de Ixmiquilpan, este fenómeno se asocia a dos grabenes importantes, el semigraben de Aljibes y el graben del Mezquital, el primero se localiza al noroeste y el segundo se encuentra al sureste, fuera del área de estudio. El primero se encuentra formado por cinco fallas de tipo normal con un rumbo aproximado E-W, con el bloque de techo desplazado hacia el sur; el graben del Mezquital presenta al menos dos fallas y se encuentra limitado al norte por la Falla El Cardonal, la cual también presenta las mismas características de las fallas que conforman al semigraben de Aljibes.

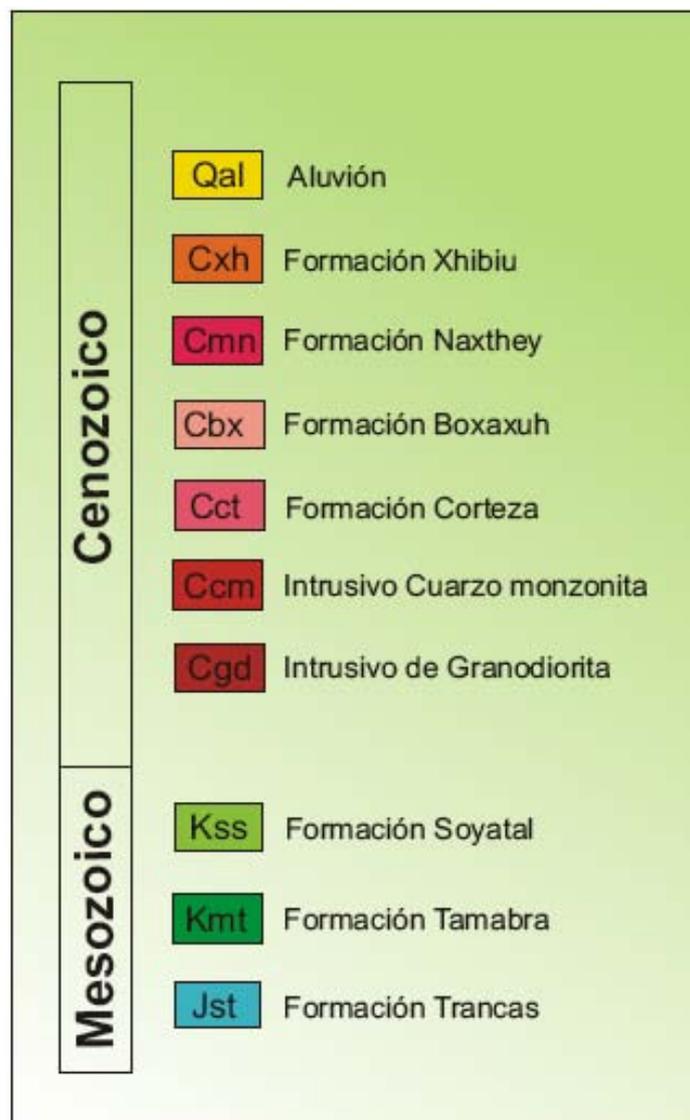


- |   |  |
|---|--|
| 1. Plataforma de Yucatán                    | 19. Miogeoclinal del Golfo de México       |
| 2. Cuenca Deltáica de Tabasco               | 20. Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas |
| 3. Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas | 21. Plataforma de Coahuila                 |
| 4. Batolito de Chiapas                      | 22. Zacatecana                             |
| 5. Macizo Ígneo del Soconusco               | 23. Plataforma de Valles San Luis Potosí   |
| 6. Cuenca de Tehuantepec                    | 24. Faja Ignimbrítica Mexicana             |
| 7. Cuenca Deltáica de Veracruz              | 25. Cinturón Orogénico Sinaloense          |
| 8. Macizo Volcánico de los Tuxtlas          | 26. Chihuahuense                           |
| 9. Cuicateca                                | 27. Cuenca de Nayarit                      |
| 10. Zapoteca                                | 28. Cuenca Deltáica de Sonora Sinaloa      |
| 11. Mixteca                                 | 29. Sonorense                              |
| 12. Chatina                                 | 30. Delta del Colorado                     |
| 13. Juchateca                               | 31. Batolito de Juárez San Pedro Mártir    |
| 14. Plataforma de Morelos                   | 32. Cuenca de Vizcaíno Purísima            |
| 15. Faja Volcánica Transmexicana            | 33. Cinturón Orogénico de Cedros Margarita |
| 16. Complejo Orogénico de Guerrero-Colima   | 34. Faja Volcánica de la Giganta           |
| 17. Batolito de Jalisco                     | 35. Complejo Plutónico de La Paz           |
| 18. Macizo Ígneo de Palma Sola              |  |

**Figura 2.1 Mapa de Provincias Geológicas de México, tomado de Ortega-Gutiérrez et al. (1991.)**

### 3. ESTRATIGRAFÍA

En el área afloran diez unidades geológicas como se observa en la columna esquemática de la Figura 3.1, tres unidades sedimentarias de edad mesozoica, cinco unidades ígneas cenozoicas tres de origen extrusivo y dos de origen intrusivo y por último dos unidades de depósitos recientes de edad cuaternaria. La descripción de las unidades mesozoicas que se presentan adelante está basada principalmente en trabajos previos.



3.1 Columna estratigráfica esquemática del área de la Bajada de Xhibiu.

### **3.1. Formación Trancas (Jst)**

La Formación Trancas fue descrita por Segerstrom (1961) como una sucesión de lutitas, areniscas y calizas impuras en las cuales hay pirita diseminada, tiene su localidad tipo en el Puerto Las Trancas en el km 217 de la carretera México-Nuevo Laredo, aproximadamente a 18 km al norte de Zimapán, Hgo.

La Formación Trancas en el área de estudio, fue descrita anteriormente por la Facultad de Ingeniería (1984) y por GYMSA (2001). La Formación Trancas aflora en la parte noreste de la zona de estudio, al norte de los poblados de Naxthey, Cantamaye, Boxhuada, en la falda del cerro La Muñeca así como en el sur del poblado Mege (ver mapa geológico).

Consiste en secuencias de lutitas de estructura laminar de color gris al fresco y color gris pardusco a la intemperie, forman horizontes de hasta 15 cm de espesor. Entre las lutitas se intercalan calizas arcillosas que tienen espesores de 10 cm de color gris oscuro al fresco y a la intemperie gris claro, son calizas de tipo grainstone-mudstone. Las areniscas son líticas, con un color al fresco gris oscuro y a la intemperie gris pardusco y en ocasiones verdoso. La formación Trancas presenta numerosas vetillas de calcita, así como bandas de pedernal, con espesor de 10 cm (figura 3.2).

El contacto inferior de la Formación Trancas no se encuentra expuesto; la Formación infrayace a las rocas de la Formación Tamabra, la edad de la Formación Trancas es Tithoniano (Segerstrom, 1961).



***Figura 3.2 Bandas de pedernal de la Formación Trancas, observe que se encuentra cubierta por caliche.***

### **3.2. Formación Tamabra (Kmt)**

De acuerdo a López-Doncel (2003) la Formación Tamabra es una intercalación de las facies de calizas de la Formación Tamaulipas superior con los componentes calcáreos de la Caliza El Abra. La formación Tamabra sólo aflora, al sur del Cerro El Retumbante y al norte de la Ranchería La Palma (mapa geológico).

Según GYMSA (2001) la unidad consta principalmente de calizas dispuestas en capas delgadas a gruesas que texturalmente varían de mudstone a wackestone de color gris cenizo en ocasiones amarillento a pardo rojizo; las cuales se intercalan con calizas arcillosas de color negro y gris crema cuando están meteorizadas, algunos estratos calcáreos contienen terrígenos y pueden variar a lutitas calcáreas que aparecen como horizontes de hasta 7 cm. Esta unidad se encuentra afectada localmente por metamorfismo termal por el emplazamiento de una granodiorita.

La Formación Tamabra presenta un contacto inferior con la Formación Trancas, subyace a la Formación Soyatal. Se le asigna una edad comprendida entre el Albiano-Cenomaniano (Facultad de Ingeniería, 1984).

### 3.3 Formación Soyatal (Kss)

Esta formación se encuentra integrada por calizas arcillosas de color gris oscuro y capas de espesores de mediano a delgado (Segerstrom, 1961). La Formación Soyatal se encuentra aflorando en tres zonas, una es al norte del Cerro Juárez en el poblado El Cerrote, la segunda es al sur del mismo Cerro Juárez y la tercera es al sureste del Cerro La Palma, al oriente del poblado Megüi.

Durante los trabajos de campo se observaron calizas tipo mudstone y wackestone, algunos estratos se observan arcillosos de color gris oscuro que en superficie meteorizada adquieren tonos de amarillo ocre en estratos delgados entre 5 y 15 cm de espesor; por lo general presentan laminaciones. Estas calizas aparecen intercaladas con horizontes de lutitas calcáreas de color gris oscuro que en superficie meteorizada adquieren tonos ocres y rojizos. La sucesión se encuentra deformada y plegada en algunos casos, el fracturamiento puede confundirse con la estratificación de las calizas (figura 3.3).

La Formación Soyatal subyace a las rocas volcánicas del Grupo Pachuca y sobreyace a la Formación Tamabra. Segerstrom (1961) menciona el contenido de *Inoceramus labiatus*, fósil índice del Turoniano por lo cual se le asignó esta edad a la formación.



**Figura 3.3 Estratos arcillosos de la Formación Soyatal, afloramiento al sureste del poblado El Cerrote.**

### **3.4. Grupo Pachuca**

Se reconoce como Grupo Pachuca a ocho Formaciones volcánicas (Santiago, Corteza, Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis, Vizcaína, Cerezo y Tezuantla) cuya composición varía de andesitas a riolitas y las cuales fueron descritas en el Distrito Minero de Pachuca – Real del Monte (Geyne *et al.*, 1963).

Las rocas volcánicas presentes en el área de trabajo, se consideran como parte del Grupo Pachuca. En el presente estudio se identificó una unidad volcánica semejante a la Formación Corteza y otra unidad volcánica que no se pudo establecer su correspondencia con alguna otra de las formaciones que componen al Grupo Pachuca, por lo tanto se propone denominarla informalmente como Formación Boxaxuh.

#### **3.4.1. Formación Corteza (Cct)**

Los afloramientos de la Formación Corteza se encuentran restringidos a la zona norte en la Sierra Juárez (Cerros Juárez, La Muñeca y La Palma) donde conforman las mayores prominencias orográficas del área. La Formación Corteza consiste en andesitas basálticas (muestra *EMT-07*, apéndice petrográfico). La roca tiene un color a la intemperie gris ocre y al fresco pardo, presenta una estructura masiva con fracturamiento en la falda del Cerro Juárez (figura 3.4.), se encuentra conformado por andesina, feldespatos y ferromagnesianos. En las inmediaciones de la Sierra Juárez se presentan brechas volcánicas de la misma composición.

La Formación Corteza se encuentra sobreyaciendo discordantemente a la Formación Soyatal. Consideramos que tienen la edad reconocida previamente al Grupo Pachuca Oligoceno-Mioceno (Geyne *et al.*, 1963).



**Figura 3.4.** Falda del Cerro Juárez, donde se observa la estructura masiva y el fracturamiento en la andesita basáltica.

### **3.4.2. Formación Boxaxuh (Cbx)**

Esta Formación se propuso denominarla informalmente como Formación Boxaxuh a una unidad de origen ígneo compuesta por flujos piroclásticos de tipo andesítico, el nombre se le asignó por el poblado que se encuentra asentado sobre uno de sus afloramientos. La formación se encuentra distribuida en la parte suroeste del área de estudio en los Cerros Daxhie, Boxaxuh, La Campana y al noroeste del poblado La Candelaria.

Esta unidad consiste en ignimbritas de tipo andesítica (flujos piroclásticos), su color a la intemperie es pardo grisáceo con tintes rosados, en algunas zonas llegan a presentar estructuras de flujo. De acuerdo al análisis petrográfico de la muestra *EMT-050* (apéndice petrográfico) las rocas están conformada por plagioclasas (andesina-oligoclasa), cuarzo, feldespato potásico, piroxenos y anfíboles. A estas ignimbritas andesíticas se les asigna una edad del Oligoceno-Mioceno correspondiente al Grupo Pachuca, debido a la posición estratigráfica.

### **3.5. Formación Naxthey (Cmn)**

La Formación Naxthey es una unidad de origen ígneo y se propuso denominarla informalmente con dicho nombre por el poblado que se encuentra asentado sobre uno de sus afloramientos. Esta formación se encuentra aflorando en la parte noreste del área de estudio, en el poblado Naxthey, al noreste del poblado Boxhuada y al suroeste de la Ranchería La Palma.

La Formación Naxthey consiste en flujos riolíticos masivos con poco fracturamiento, presenta una alineación de estructuras dómicas con una dirección preferencial este-oeste. El color de las riolitas es gris al fresco y pardo grisáceo en superficie meteorizada. Su composición mineralógica esencial es de plagioclasas y feldespatos potásicos, en los estudios petrográficos que se realizaron a las muestras *EMT-040* y *EMT-017* (apéndice petrográfico) se observaron hornblenda, piroxenos, biotita, plagioclasas (albita-oligoclasa), feldespatos potásicos y cuarzo. Los domos riolíticos se encuentran emplazados sobre la traza de la falla El Defay, se considera que representan un evento magmático penecontemporáneo a la extensión que generó a la Falla El Defay, se les asigna una edad tentativa del Mioceno-Plioceno.

### **3.6. Formación Xhibiu (Cxb)**

#### **a) Definición**

Definimos a la Formación Xhibiu como una unidad litoestratigráfica por la secuencia de estratos que presenta. Estos estratos se encuentran dispuestos de forma horizontal y no presentan deformación alguna. Los estratos conglomeráticos muy gruesos consisten en bloques, gravas y arenas cuya naturaleza varía de origen sedimentario a origen ígneo (tanto extrusivo como intrusivo), intercalados con estratos de arena fina a gruesa. La Formación Xhibiu presenta un espesor

aproximado de 800 m, tiene su localidad tipo en la Mesa Xhibiu que se encuentra localizada 5 km al norte del poblado de Tasquillo, Hgo.

Los clastos que conforman los estratos tienen un tamaño que varían de  $\leq 1$  cm y 70 cm, presentan una redondez de subanguloso a redondeado y están inmersos en una matriz limo-arenosa. Las estructuras sedimentarias que se observan con mayor frecuencia son: estratificación cruzada, imbricación, paleocanales, estructuras masivas, etc. Para la caracterización de la Formación Xhibiu se midieron tres columnas estratigráficas dos distales y una proximal respecto a la traza de la falla El Defay, durante la medición se llevó a cabo el análisis de facies de depósitos fluviales conforme a la propuesta de Miall (2000).

#### **b) Distribución**

Esta Formación se presenta ampliamente distribuido en toda la parte centro y sur del área de estudio. En la parte centro se encuentra aflorando en la Barranca El Sabino, Barranca La Cebolla, Mesa Xhibiu, Arroyo Megüi, al Norte de El Dexthí, parte norte y sur de Naxthey, Boxhudad, y San Miguel Tetillas. En la parte sur Arbolado, Tasquillo, Juchitlán, Rinconada, Puerto Dexthi, El Dexthi, La Palma, San Juanico, La Heredad, El Durazno , El Déxtho y Orizabita

#### **c) Litología**

La Formación Xhibiu consiste en un conglomerado polimíctico, los clastos que lo conforman son de: areniscas, rocas volcánicas y calizas con vetillas de calcita, en algunas ocasiones las calizas presentan bandas de pedernal. Los líticos presentan un grado de redondez de subanguloso a subredondeado, el tamaño de los clastos también es variable ya que son menores de 1 cm a 70 cm (figura 3.5).

En los conglomerados polimícticos que conforman a la Formación Xhibiu, se reconocieron siete facies de depósitos fluviales (Miall, 2000) ver tabla 3.1 y las cuales a su vez se agrupan en 4 elementos arquitectónicos (Miall, 2000) ver tabla 3.2.



**Figura 3.5. Corte carretero de la Formación Xhibiu donde se observan los conglomerados y algunos lentes de limos y arenas. La escala es el Báculo de Jacob de 1.5 m.**

FACIES	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	INTERPRETACIÓN GEOMÉTRICA	CÓDIGO
Grava masiva soportada por matriz	Gradación pobre	Flujo plástico de detritos (viscoso, alta densidad)	Gmm
Grava estratificada burdamente soportada por clastos	Estratificación horizontal e imbricación	Barras longitudinales, depósitos por rezago, depósitos clasificados	Gh
Gravas estratificadas	Gravas con estratificación cruzada curvada	Relleno de canales menores	Gt
Arena, muy fina a gruesa	Rizaduras, laminación cruzada	Rizaduras (régimen de flujo menor)	Sr
Arena muy fina a gruesa, pueden ser guijarros.	Laminación horizontal, lineación por corriente.	Flujo de capas planas (flujo crítico)	Sh
Paleosuelos carbonatados (calcita y siderita)	Rasgos pedogénicos	Suelos con precipitación química	P

**Tabla 3.1. Tabla de las facies presentes en la Formación Xhibiu (De acuerdo a Miall, 2000).**

ELEMENTO	SÍMBOLO	ASOCIACIÓN DE FACIES	GEOMETRÍA Y RELACIONES
Flujo de sedimentos por gravedad	SG	Gh,Gmm	Lóbulo, laminas, típicamente intercalado con elementos de tipo GB.
Barras y estratos de gravas	GB	Gh, Gp, Gt.	Lentes, capas, usualmente se presenta como cuerpos tabulares comúnmente intercalado con elementos SB.
Canales	CH	Cualquier combinación	Lentes o laminas, la base puede presentarse cóncava con su base erosionada, la escala y la forma son variables.
Estratos de arenas	SB	St,Sp,Sh,Sl,Sr,Se,Ss	Lentes, laminas, cuñas, capas, ocurren en el relleno de canales y en barras menores.

**Tabla 3.2. Tabla de elementos arquitectónicos de la Formación Xhibiu (con base en Miall 2000).**

### 3.6.1. Columna estratigráfica A

Se midió un espesor total de 7.5 m (figura 3.6), en los primeros 3 m los estratos se encuentran en forma masiva sin estructuras primarias, en la parte media (3m a 6 m) se puede apreciar imbricación y estratificación cruzada, se observa un pequeño paleocanal, los clastos están soportados por una matriz limo-arenosa (apéndice estratigráfico).

En la columna se observa un 90% de clastos de rocas ígneas extrusivas (riolitas y andesitas basálticas) en contra de un 10% conformado por calizas y areniscas. Los clastos presentan un grado de redondez que va de subangulosos a subredondeados los tamaños están entre  $\leq 1$  cm a 70 cm. Las facies que se presentan de la base a la cima son las siguientes: Gmm (grava masiva soportada por matriz), Gh (grava estratificada), Gt (grava estratificada burdamente soportada por clastos) (tabla 3.1).

## COLUMNA A

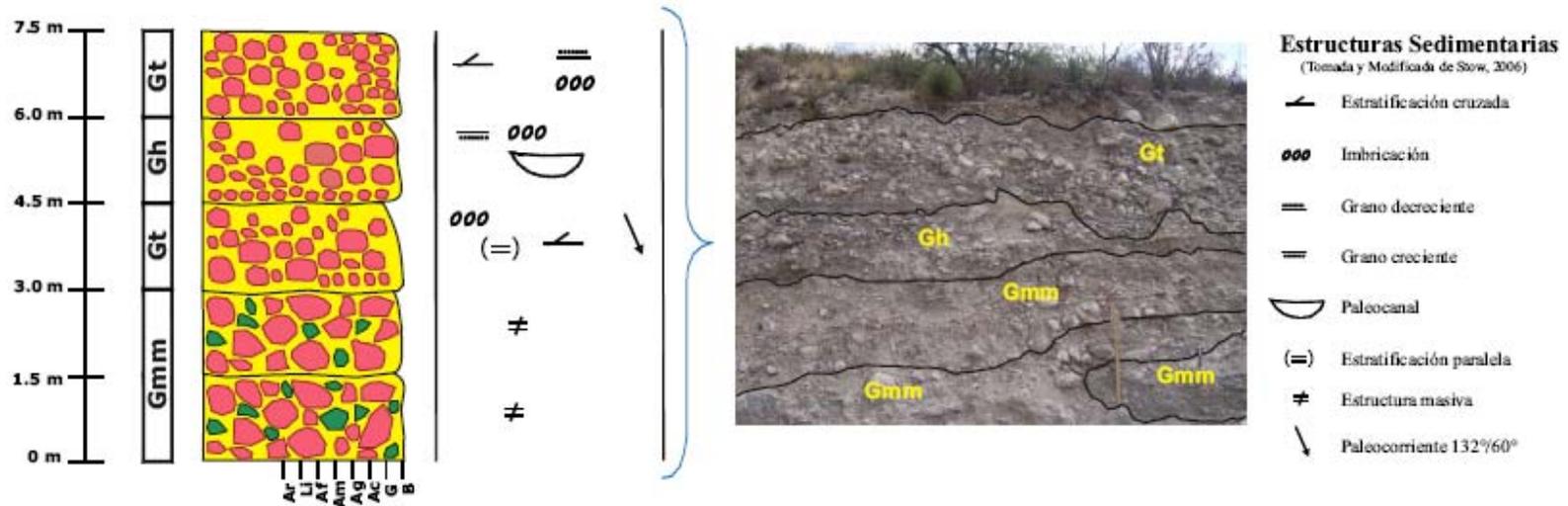


Figura 3.6 Columna estratigráfica A y fotografía donde se observan claramente sus facies Gmm, Gt y Gh.

- **Interpretación de los elementos arquitectónicos en la columna A**

En la base de la columna tenemos una asociación de facies que se puede agrupar dentro del elemento arquitectónico flujo de sedimentos por gravedad (SG) y al aproximarse a la cima cambia a un elemento de barras y estratos de grava (GB).

Los flujos de sedimento por gravedad (SG) se observan por lo general en las partes proximales de los abanicos aluviales, en donde se encuentran los clastos de mayor tamaño (70 cm), hay poco sedimento fino y su depósito se debe principalmente a la acción de la gravedad.

Las barras y estratos de grava (GB) se encuentran comúnmente en las partes proximales y medias de los abanicos aluviales, son los indicadores de procesos de descarga de sedimento por flujos de detritos, se forman en las zonas iniciales de los canales de distribución dentro de un abanico aluvial.

### **3.6.2. Columna estratigráfica B**

Se midió una columna de 23.5 m de espesor (figura 3.7), que presenta un horizonte cubierto. Las estructuras sedimentarias presentes en los primeros 7.5 m, que conforman la base de esta columna, son las siguientes: estratificación cruzada e imbricación. Se tiene un 90% de abundancia de las rocas ígneas (andesitas basálticas y riolitas) y un 10% de calizas, englobados en una matriz limo-arenosa. Los clastos presentan un grado de redondez que va de anguloso a subredondeado, el tamaño de los clastos varía desde  $\leq 1$  cm hasta 80 cm. La facies presentes son Sr (arena muy fina a gruesa) y Sh (arena muy fina a gruesa puede ser guijarros), figura 3.8.

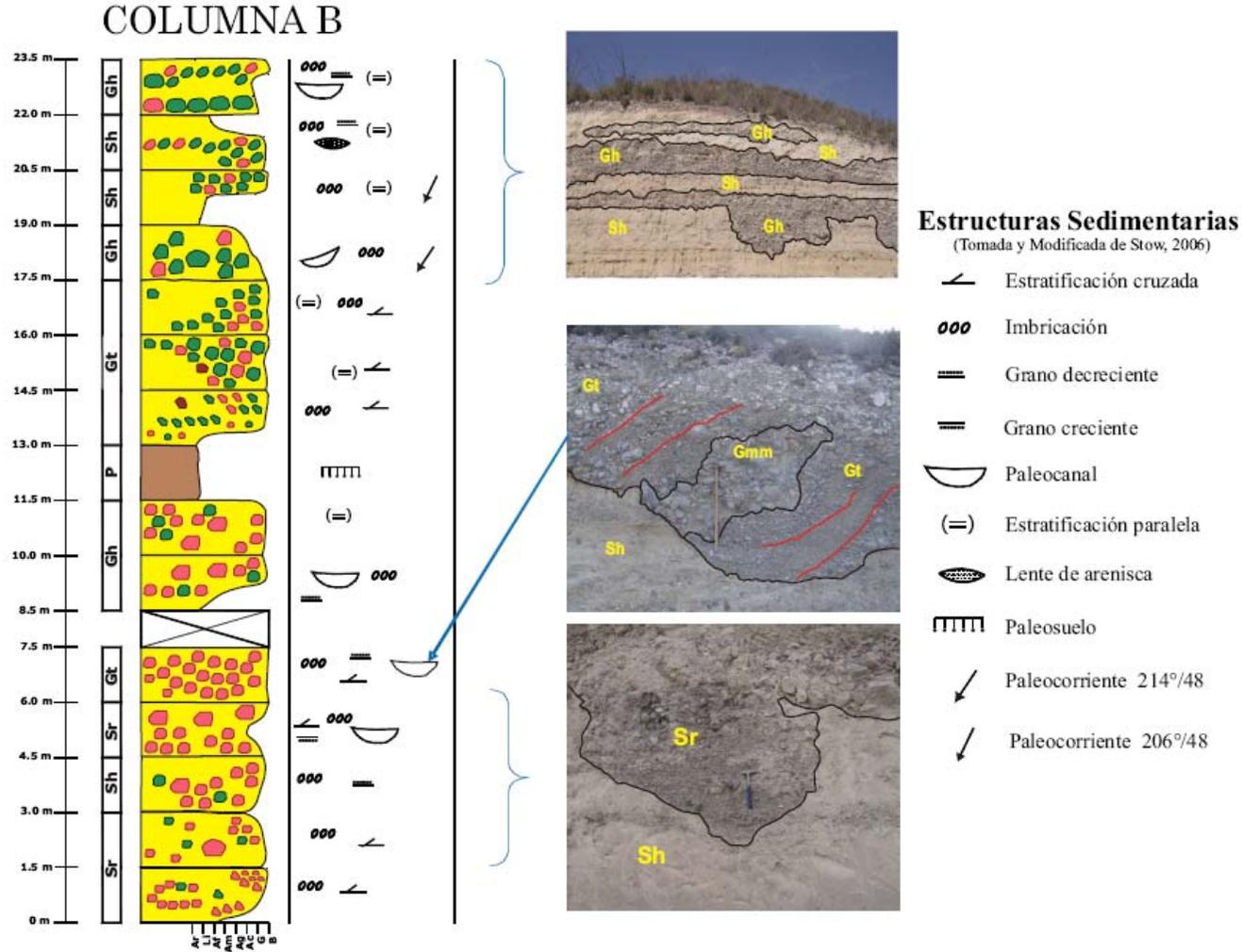
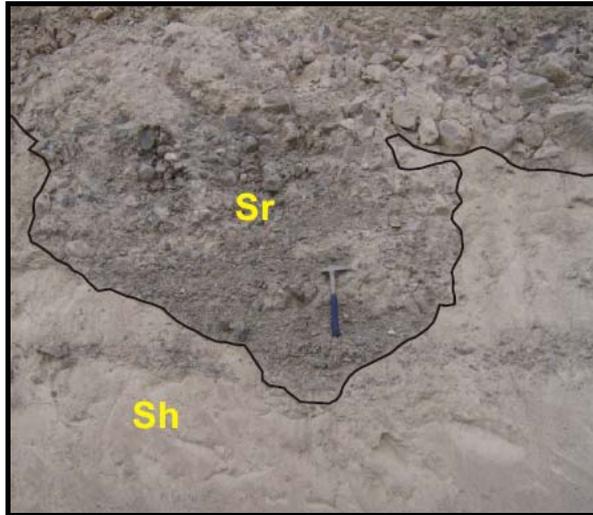
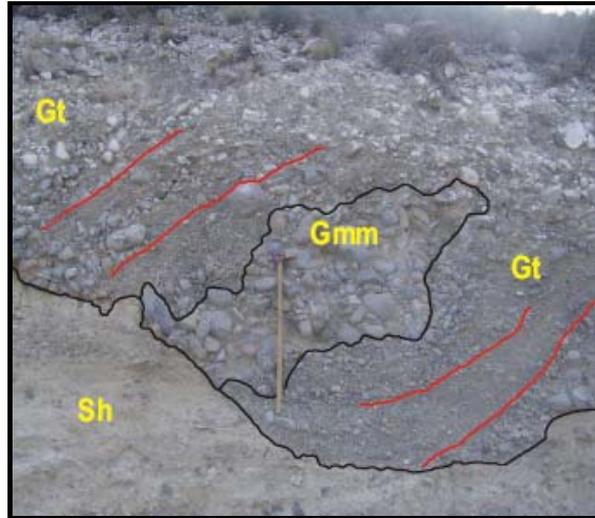


Figura 3.7. Columna estratigráfica B con sus correspondientes fotografías en donde se observan las facies Sr, Sh, Gt, Gh y P.

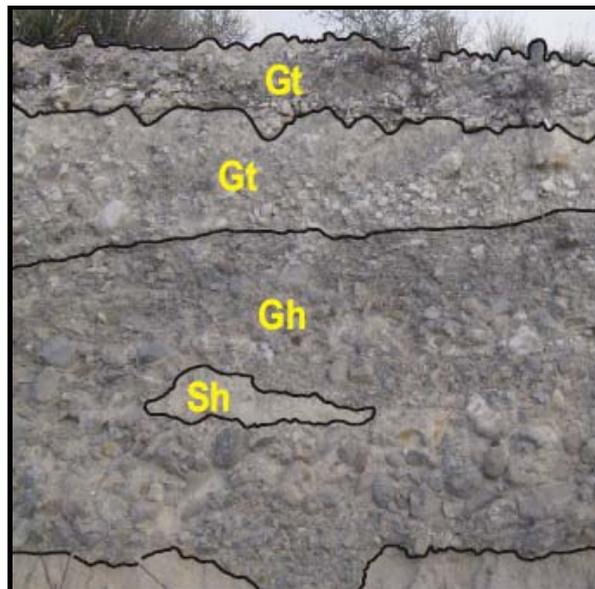


**Figura 3.8. Base de la columna estratigráfica B donde se observa las facies Sr y Sh.**

En los siguientes 9 m (8.5 m a 17.5 m) se observan las siguientes estructuras sedimentarias: imbricación, estratificación paralela difusa y estratificación cruzada (figura 3.9). En esta parte de la columna se puede observar un cambio brusco en el porcentaje de los clastos al pasar de un 80% de abundancia a un 25% de rocas ígneas extrusivas (riolitas y andesitas basálticas) y de un 20% a un 70% de rocas sedimentarias (areniscas y calizas) con la aparición de rocas ígneas intrusivas (granodiorita) con un 5 %, la matriz que soporta a los clastos es limo-arenosa (figura 3.10). Los clastos presentan un grado de redondez que va de anguloso a redondeado, el tamaño varía de  $\leq 1$  cm a 85 cm. La facies presente son de tipo Gh (gravas estratificadas burdamente soportadas por clastos), se presenta un paleosuelo (P) y tenemos una asociación tipo Gt (gravas estratificadas).



**Figura 3.9.** Se aprecia un paleocanal muy marcado donde se observa con líneas rojas la estratificación cruzada y las diferentes facies que lo constituyen.



**Figura 3.10.** Parte media de la columna estratigráfica donde se observan las facies Gh, Gt y un pequeño lente de facies Sh.

En la cima de la columna estratigráfica B (17.5 m a 23.5 m) se observan las siguientes estructuras sedimentarias: imbricación, lentes de areniscas y estratificación paralela difusa. Los clastos mas abundantes son los de origen sedimentario (calizas y areniscas) con un 80% en contra de un 20% de rocas extrusivas (andesitas basálticas y riolitas) las gravas se encuentran burdamente soportadas por clastos, el grado de redondez que va de subanguloso a



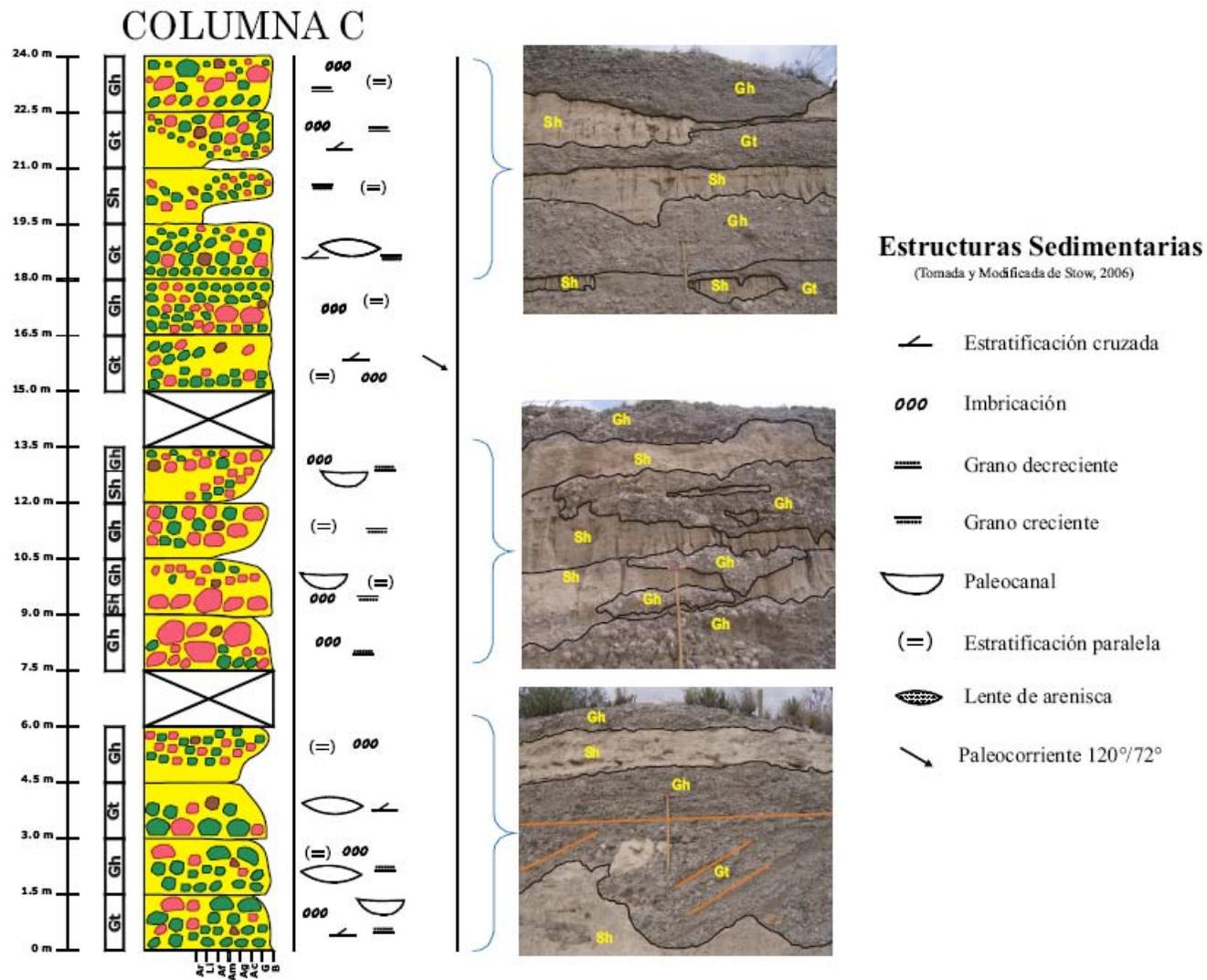
La acumulación de estratos de arenas (SB) se presenta por lo general en las partes medias-distales de los abanicos aluviales, esto indica que la base de la columna estratigráfica B que se midió es una de las partes distales o medias del abanico, posteriormente se tiene barras y estratos de grava (GB) lo que se interpreta como que el flujo de detritos fue mayor es por eso que se tiene disminución de transporte de sedimento fino y cambió a un mayor aporte sedimento grueso (gravas). Después del aporte de barras y estratos de grava se tienen canales (CH), nuevamente barras y estratos de gravas (GB) para después cambiar a canales (CH).

Como se observa de la base a la cima de esta columna tenemos elementos arquitectónicos constantes, con esto podemos interpretar que en esta parte de la bajada era común el transporte de sedimentos por medio de flujo de detritos y dependía completamente de dicho flujo.

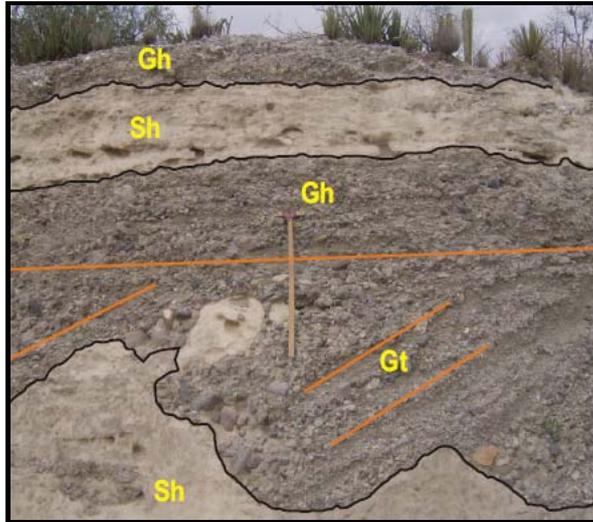
### **3.6.3. Columna estratigráfica C**

El espesor total de esta columna estratigráfica es de 24 m (figura 3.12) contando los horizontes que están cubiertos. En la base de la columna (primeros 6 m) observamos las siguientes estructuras sedimentarias: estratificación cruzada, imbricación, lentes de arenisca, etc. En los clastos se tienen los siguientes porcentajes 70% de rocas sedimentarias (calizas y areniscas), 25% de rocas extrusivas (riolitas y andesitas basálticas) y un 5% de rocas intrusivas (granodiorita) se encuentran englobadas en una matriz limo-arenosa, los clastos tienen un grado de redondez que va de anguloso a redondeado, con un tamaño de  $\leq 1$  cm a 70 cm, la asociación de facies presentes es una intercalación de Gt (gravas estratificadas) y Gh (gravas estratificadas burdamente soportadas por clastos) como se observa en la figura 3.13.

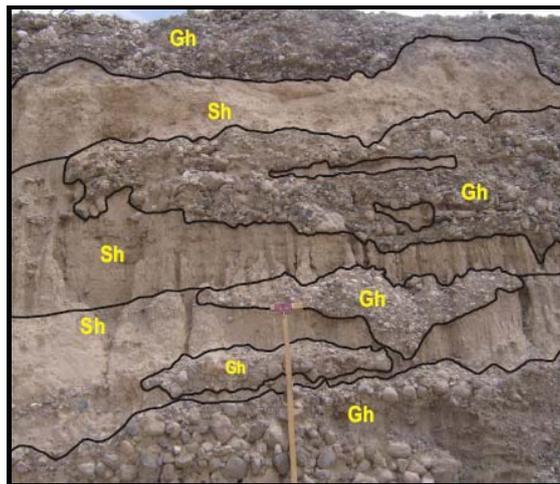
En la parte media de esta columna (7.5 m a 13.5 m) se puede apreciar estas estructuras sedimentarias: imbricación y estratificación paralela , los clastos tienen un porcentaje mayor en las rocas sedimentarias (calizas y areniscas) con un 60%, le siguen los de rocas ígneas extrusivas (andesitas basálticas y riolitas) con un 35% y finalmente están los clastos de rocas intrusivas (granodiorita) con un 5%, en algunas zonas los clastos están soportados por una matriz limo-arenosa en otras están soportadas por clastos. Tienen un grado de redondez que va de anguloso a redondeado y un tamaño de  $\leq 1$ cm a 80 cm. Las facies presentes son Gt (gravas estratificadas) y Gh (gravas estratificadas burdamente soportadas por clastos) las cuales se encuentran intercaladas con la facies Sh (arena muy fina a gruesa pueden ser guijarros), ver figura 3.14.



**Figura 3.12. Columna estratigráfica C con sus respectivas facies que varían entre Gt, Gh y Sh.**



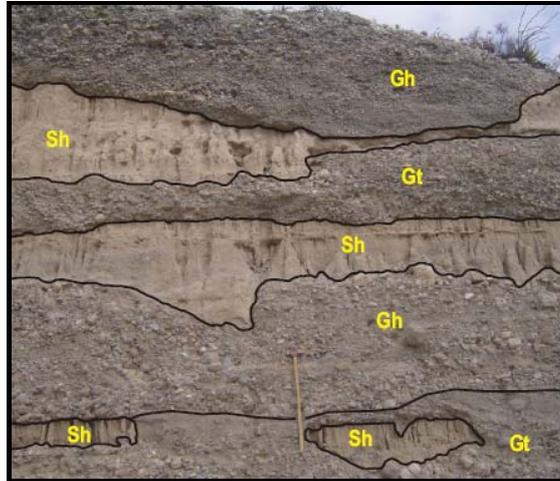
**Figura 3.13. Base de la columna estratigráfica C donde se aprecian paleocanales y estratificación cruzada.**



**Figura 3.14. Parte media de la columna estratigráfica C donde se observa las facies Gh y Sh.**

En la cima de la columna (15 m a 24 m), se presenta estructuras sedimentarias como son: estratificación paralela, imbricación y lentes de arenisca. Las rocas sedimentarias (calizas y areniscas) son las más abundantes, llegan a presentarse en un 75%, mientras que las rocas ígneas extrusivas (andesitas basálticas y riolitas) se presentan en un 25% respectivamente y las rocas extrusivas (granodiorita) ya no se presenta. Los clastos tienen un grado de redondez de anguloso a redondeado y un tamaño que va de  $\leq 1\text{cm}$  a 70 cm, las facies presentes son las siguientes: Gt (gravas estratificadas), Gh (gravas estratificadas

burdamente soportadas por clastos) y Sh (arena muy fina a gruesa pueden ser guijarros) figura 3.15.



**Figura 3.15.** *Cima de la columna estratigráfica C donde se aprecia claramente que sus facies no varían y se presentan intercaladas dentro de Gh y Sh.*

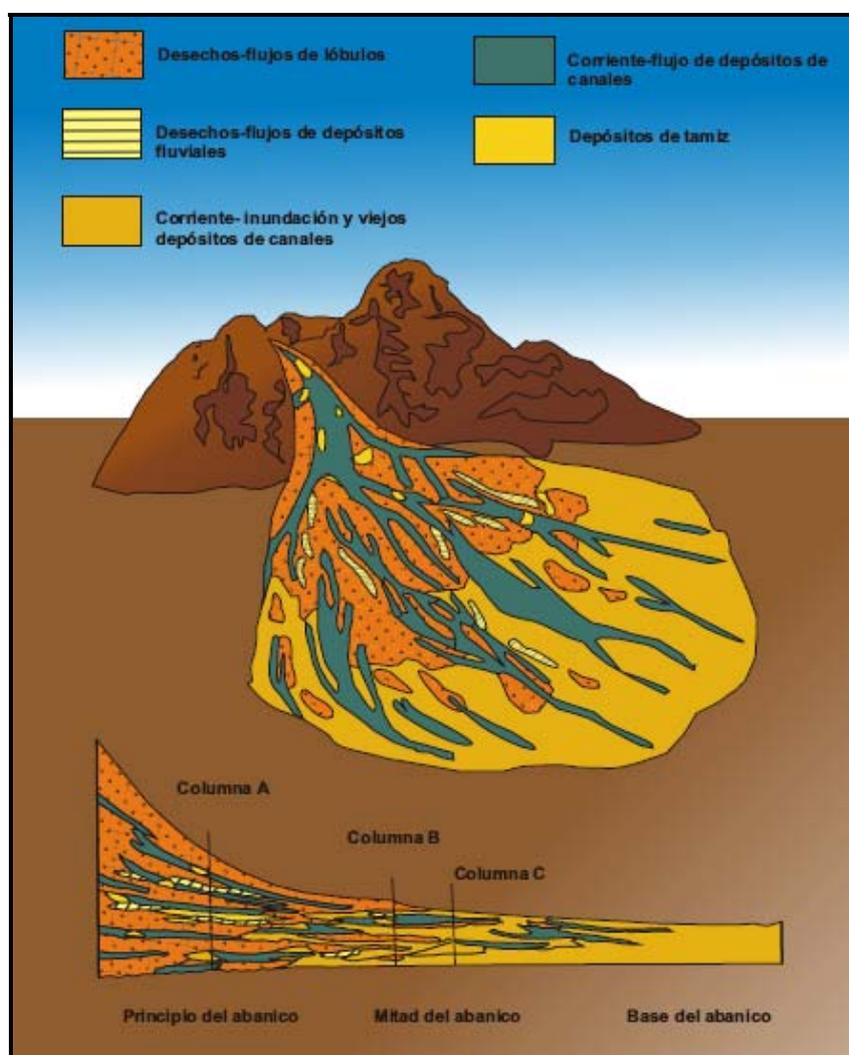
- **Interpretación de los elementos arquitectónicos de la columna C**

En los primeros 6 m las facies presentes son intercalación de Gt y Gh, ambas facies conforman el elemento arquitectónico barras y estratos de grava (GB) cabe señalar que este elemento se encuentra comúnmente intercalado con el elemento de estratos de arena (SB). De los 7.5 m a 13.5 m las facies que se observaron son Gt y Gh las cuales se encuentran intercaladas con la facies Sh, el elemento que agrupa esta asociación de facies es de canales (CH). La asociación de facies presente de 15 m a 19.5 es una intercalación de Gt y Gh estas se agruparon dentro de barras y estratos de grava (GB), posteriormente de 19.5 m a 22.5 m, tenemos una asociación de facies de tipo Sh y Sr las cuales enmarcamos en estratos de arena (SB) y finalmente de 22.5 m a 24 m tenemos facies Gh que corresponde a barras y estratos de grava (GB).

Al hacer un análisis de los distintos elementos presentes en esta columna, tenemos que tanto en la base como en la parte media hay una gran acumulación de gravas y bloques dispuestos en forma de barras y estratos (GB), los cuales

hacia la cima cambian a estratos de arena (SB) para que finalmente se vuelvan a depositar barras y estratos (GB). Es decir al inicio la acumulación de sedimentos es debida por un flujo de detritos abundante de tal manera que diera lugar al depósito de gravas; pero después ese flujo de detritos fue disminuyendo lo que ocasionó que se depositaran estratos de arena que son sedimentos más finos, después cambia nuevamente a un flujo de detritos mayor para depositarse barras y estratos de grava.

En el siguiente diagrama se ilustra la ubicación de cada una de las columnas que se midieron dentro de la Formación Xhibiu (figura 3.16)



**Figura 3.16. Esquema paleoambiental de un abanico aluvial donde se muestra la ubicación que se infiere para cada una de las columnas estratigráficas analizadas.**

#### **d) Relación Estratigráfica y Edad**

Esta Formación sobreyace discordantemente a cualquier unidad del Mesozoico y algunas del Cenozoico, subyace a los depósitos aluviales. Debido a su posición estratigráfica se le asigna una edad probable del Mioceno-Plioceno.

#### **3.7. Aluvión (Qal)**

Esta unidad se le asigna a todos los depósitos no consolidados con fuente de detritos en todas las rocas preexistentes, se presentan con una amplia granulometría: bloques, cantos rodados, gravas, arenas, limos y arcillas.

Estos se encuentran distribuidos ampliamente en la parte sur de la zona formando valles y en el arroyo de Agua Fría en el norte del área de estudio.

Los depósitos aluviales consisten de gravas, arenas y limos de tamaños variables de 5 cm, con un grado de redondez que va de angulosos a subredondeados.

Estas se encuentran cubriendo discordantemente a todas las formaciones que afloran en el área. La edad de acuerdo a la posición estratigráfica es del Holoceno.

#### **3.8. Rocas Ígneas Intrusivas**

En el área de estudio se presentan dos cuerpos intrusivos, se trata de una granodiorita y una cuarzo monzonita.

- **Granodiorita (Cgd)**

Los principales afloramientos de granodiorita se localizan en la porción norte y noreste de el área de estudio, se encuentra aflorando en el arroyo la Palma y al noreste del poblado de Cantamaye. Se encuentra intrusionando a la Formación Tamabra sin que se presente evidencias de metamorfismo. La granodiorita (Figura

3.17) presenta un color a la intemperie de marrón amarillento con partes oxidadas, mientras al fresco es de color gris verdoso. La composición mineralógica de este intrusivo es de plagioclasas (oligoclasa-andesina), biotita, feldespato potásico, cuarzo, ferromagnesianos con pirita diseminada como se reconoció en la muestra *EMT-028* (apéndice petrográfico).

La edad de la granodiorita no está bien constreñida, de acuerdo a (GYMSA, 2001) los estudios isotópicos dieron edades que fluctúan entre 51.7 a 46.5 Ma, y uno de los diques granodioríticos resultó con una edad de 22.5 +/- 2.4 Ma; por lo cual la edad de la granodiorita puede ser tan antigua como el Eoceno temprano o el Mioceno temprano.



**Figura 3.17** Afloramiento de Granodiorita que se localiza en el arroyo la Palma, se observa con estructura masiva y con un fracturamiento denso.

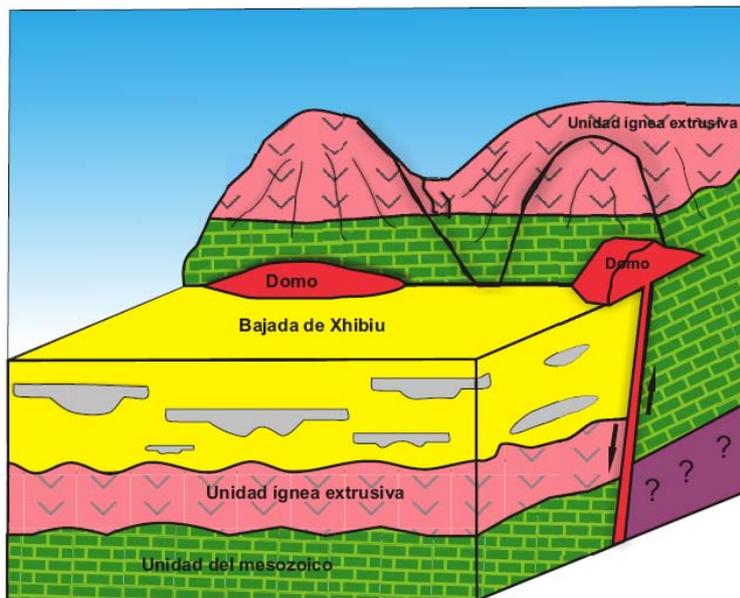
- **Cuarzo monzonita (Ccm)**

El intrusivo Cuarzo monzonita es un cuerpo de composición intermedia, se trata de un dique cuyo rumbo es de N60°E con una inclinación de 68°. Este cuerpo intrusivo se encuentra aflorando al noroeste de Boxhuada y al noreste del poblado de Cantamaye. Se trata de una roca intrusiva cuya estructura es masiva con textura fanerítica, está conformada por ferromagnesianos, hornblenda, feldespato potásico, plagioclasas y cuarzo muestra *EMT-014* (apéndice petrográfico); el

cuerpo se encuentra muy alterado y fracturado. El color a la intemperie es amarillento claro con tonos rojizos pero al fresco es gris claro. Este tronco pequeño se encuentra cortando a las calizas de edad mesozoica, se considera que puede ser contemporáneo al intrusivo de granodiorita con edad probable del Mioceno.

#### 4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En la zona de estudio se observa como estructura mayor la falla normal El Defay de orientación general este-oeste. El bloque de piso está conformado por la sucesión mesozoica sobreyacida por las rocas volcánicas del Grupo Pachuca, en tanto que el bloque de techo se presenta la sucesión clástica neógena de la Formación Xhibiu (figura 4.1)

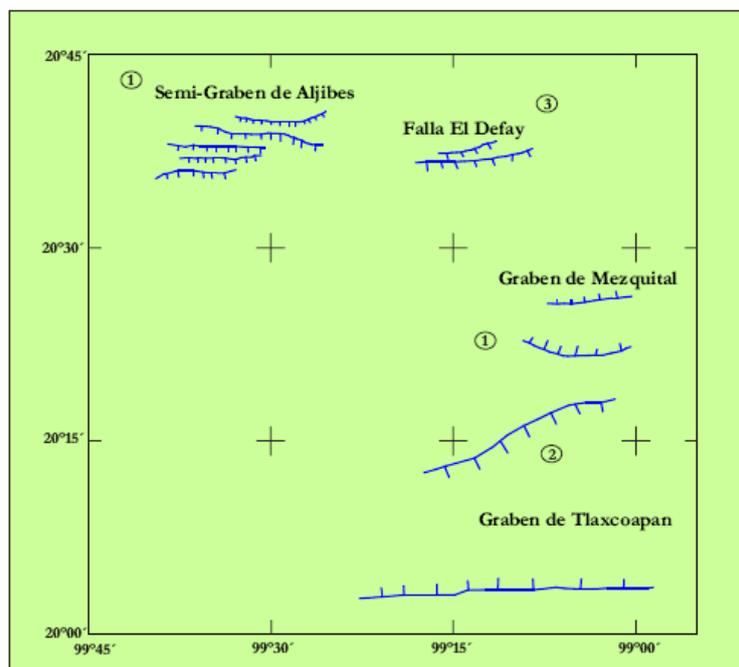


4.1 Diagrama esquemático de la Bajada de Xhibiu y la Falla El Defay.

La sucesión mesozoica está deformada de acuerdo a estructuras contractivas de modo norte-sur, estas estructuras están definidas en la Formación Trancas, la Formación Tamabra y la Formación Soyatal. De acuerdo con Facultad de Ingeniería (1984) el acortamiento ocurrió hacia finales del Cretácico y principios del Cenozoico.

Cabe hacer notar que en la región suroeste del estado de Hidalgo, se ha reportado una sismicidad alta relacionada con el Semigraben de Aljibes y el Graben del Mezquital (Suter et al., 2001). Estas estructuras están relacionadas a una zona de extensión intra-arco en la Faja Volcánica Transmexicana de edad cuaternaria, la cual se caracteriza por la presencia de grabens con orientación este-oeste como son, el Graben de Cuitzeo y el Graben de Acambay (Suter et al, 2001). El graben de Aljibes y el graben del Mezquital están conformados por fallas normales con un rumbo este-oeste y con bloque caído hacia el sur, los cuales desplazan rocas volcánicas de edad cuaternaria (Suter et al., 2001). Esta tendencia concuerda con la propia de la Falla El Defay que caracterizamos más adelante.

Por otra parte la Facultad de Ingeniería (1984), hace mención del graben de Tlaxcoapan que presenta una orientación este-oeste, estructura que trunca las estructuras con orientación norte-sur definidas en las unidades sedimentarias mesozoicas ver figura 4.2.



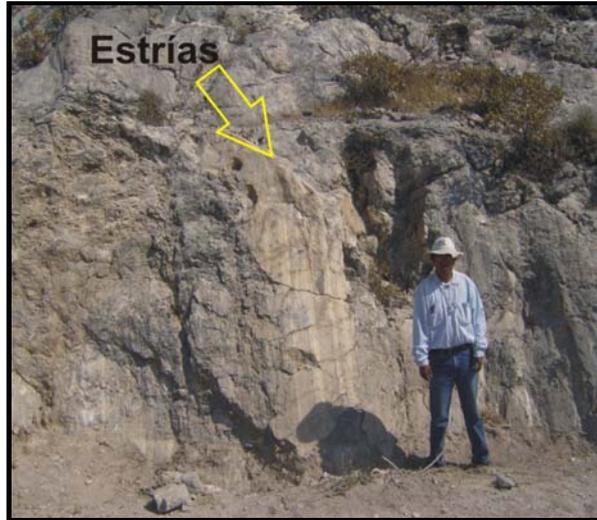
**Figura 4.2. Esquema regional de las estructuras este-oeste en el sector central de la Faja Volcánica Transmexicana. Estructuras descritas por: (1) Suter, 1995; (2) Facultad de Ingeniería, 1984 y (3) este trabajo, 2009.**

#### 4.1 Falla El Defay

La Falla El Defay fue descrita por GYMSA (2001) esta falla yuxtapone a la sucesión mesozoica con la Formación Xhibiu (ver mapa geológico). De acuerdo a GYMSA (2001) la Falla El Defay es una falla lateral izquierda con componente normal, sin embargo en el análisis estructural que realizamos no se encontraron evidencias que atestiguaran la componente lateral.

La Falla El Defay es una estructura asociada al origen de la bajada de Xhibiu; la falla tiene una dirección general este-oeste. La Falla El Defay es una estructura de tipo normal con un rumbo N77°E y un echado de 54° al sureste, tiene una longitud de aproximadamente más de 13 km y presenta un escalonamiento derecho, su cinemática fue claramente reconocida con base en estrías e indicadores cinemáticos tales como grietas de tensión, fracturas P, cavidades asimétricas con escalones congruentes y acarreo de detritos. La falla corta tanto a las sucesiones mesozoicas como a las cenozoicas y su actividad es contemporánea con la edificación de la Bajada Xhibiu.

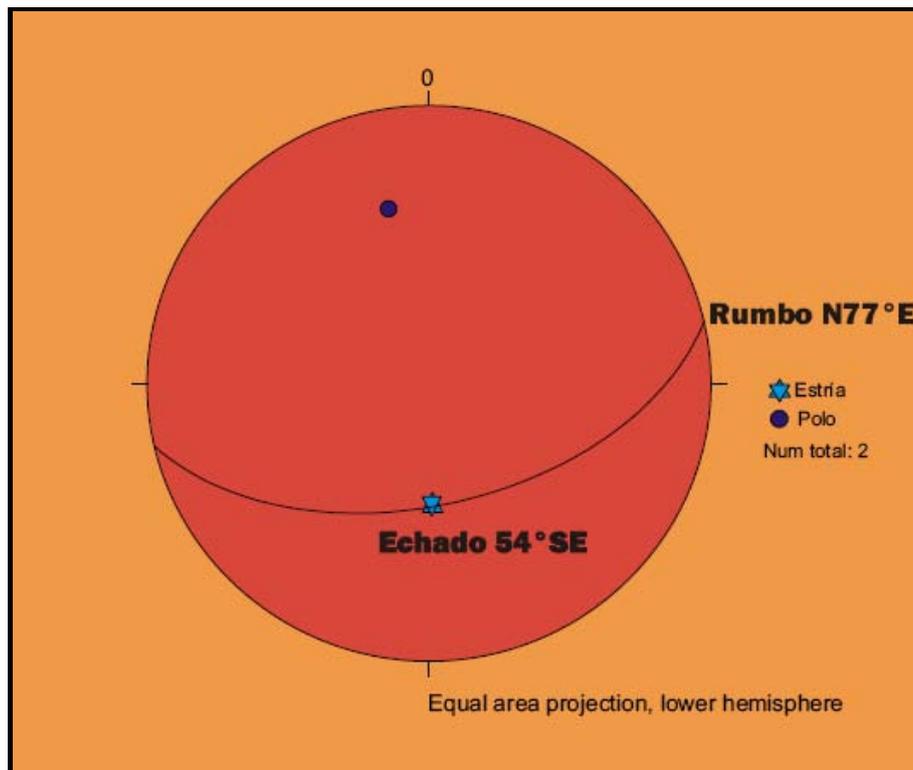
En las cercanías de Cantamaye se encuentra un afloramiento espectacular de la superficie de falla en donde se observan estrías muy marcadas con longitud hasta de un metro y con un relieve de decenas de centímetros, (figura 4.3) además de esto se pudo apreciar una cataclasita (figura 4.4). En este lugar se tomaron cincuenta datos de rumbo y echado de la superficie de falla así como el pitch de las estrías (figura 4.5) y dieron como resultado el rumbo de la falla N77°E y un echado de 54° al sureste.



**Figura 4.3** En la superficie de la Falla El Defay se observan estrías con longitud mayor a 1m como se observa en la figura.



**Figura 4.4** En esta fotografía se observa la cataclasita y el espejo de la Falla El Defay.



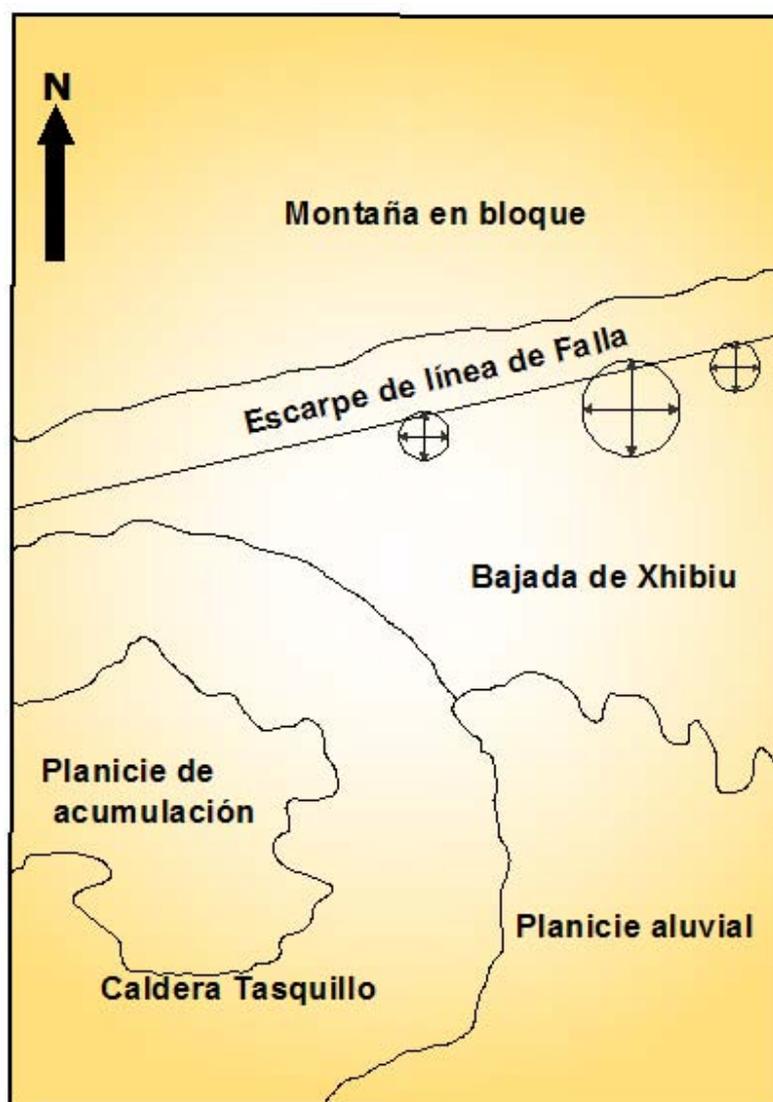
**Figura 4.5 Diagrama estereográfico de la Falla El Defay. Observe la estría de falla normal, el diagrama sintetiza 50 datos estructurales.**

La Falla El Defay sirvió como ducto magmático y favoreció el emplazamiento de tres domos de composición riolítica, alineados con una dirección general este-oeste y que se manifiesta como cerros pequeños con una elevación no mayor de 200m sobre el nivel de la bajada. Estos afloran al oriente de la Mesa Xhibiu, Naxthey y al este del Boxhuada. Consideramos que el emplazamiento de los domos corresponde a un evento magmático penecontemporáneo a la Falla El Defay y su fechamiento constreñiría la edad de la Bajada Xhibiu.

La Falla El Defay debe su origen a un régimen de extensión de tipo intra-arco aún activo en la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana (Suter et al., 2001). La Falla generó el relieve que condicionó la formación de los abanicos aluviales de la Bajada de Xhibiu. La edad de la Falla El Defay la consideramos posterior a la acumulación del Grupo Pachuca y por la posición estratigráfica se le asigna una edad probablemente del Mioceno-Plioceno.

## 5. GEOMORFOLOGÍA

El relieve del área de estudio está modelado por la erosión fluvial de dos elementos geomorfológicos asociados a una montaña en bloque y una bajada. Además el relieve está matizado por la presencia de una caldera y por planicies de tipo acumulativa y aluvial, como se observa en el esquema geomorfológico de la figura 5.1, la mayoría de las geformas están asociadas con la actividad de la Falla El Defay.



5.1. Esquema geomorfológico.

- **Montaña en bloque**

Este elemento geomorfológico está desarrollado a partir del bloque de piso de la Falla El Defay. La Montaña en bloque está conformada por la sucesión mesozoica plegada, la cual aparece cubierta por rocas volcánicas de tal forma que presenta un relieve diferencial.

La ladera sur de la Montaña en bloque corresponde con un escarpe de línea de falla que se desarrolló por la erosión remontante del escape de la Falla El Defay el cual se observa entre los poblados de la Palma, Naxthey, Cantamaye y Boxhuada. Al pie del escarpe de línea de falla se presentan tres domos alineados que se caracterizan por su morfología de cúpula y elevaciones de 200 m.

- **Bajada de Xhibiu**

Al sur del escarpe de línea de falla se observa la Bajada de Xhibiu cuya superficie se encuentra débilmente inclinada y que contrasta con el relieve de los cerros Juárez, la Muñeca, y la Palma. El material del cual se encuentra compuesta la bajada es de clastos de las rocas que se encuentran aflorando en el bloque de piso de la falla El Defay. La bajada se formó por la coalescencia de abanicos aluviales tiene un rasgo representativo tanto en el mapa como en las fotografías. Cabe mencionar que la bajada se encuentra en un proceso de erosión por lo tanto el proceso de remoción es mayor que el ritmo de acumulación.

- **Caldera Tasquillo**

En la parte sureste de la región; en los cerros Boxaxuh, la Campana y Daxhie se encuentra la Caldera de explosión Tasquillo, se trata de una estructura volcánica de composición andesítica, tiene una configuración burdamente anular, con las laderas exteriores con menor pendiente que las interiores, el desnivel que tiene entre los bordes es de 400 m. De acuerdo a la Facultad de Ingeniería (1984) la

caldera tiene una expresión morfológica de un cordón serrano de traza elíptica, su eje mayor está orientado en sentido SE-NW y mide 11 km y su eje menor en de 9 km.

- **Planicie de acumulación**

En la zona de depresión de la caldera se encuentra una planicie de acumulación de forma elíptica en la cual está emplazado el poblado Tasquillo. Se trata de una superficie definida en los depósitos provenientes de la Bajada de Xhibiu y de la denudación de la propia caldera.

- **Planicie aluvial**

Esta superficie se encuentra abarcando los poblados de San Juanico, El Durazno, La Heredad y San Nicolás. Es una superficie amplia acumulativa fluvial en forma de terraza constituida por todos los depósitos aluviales.

### **5.1. Origen y Evolución de la Bajada de Xhibiu**

El origen y la evolución de la Bajada de Xhibiu están relacionadas directamente con la actividad penecontemporánea de la Falla el Defay, esto se infiere en las distintas asociaciones de facies presentes en la bajada, así como en el porcentaje de las distintos clastos reconocidos en las columnas estratigráficas y las cuales se aprecian en las tablas de los apéndices estratigráficos. La evolución de la Bajada de Xhibiu inferida se puede sintetizar en los tres estadios que se ilustran en la figura 5.1.

#### **1. Acumulación de detritos de origen ígneo**

En este primer estadio inicia el desarrollo de los abanicos aluviales a partir de la acumulación de detritos de origen ígneo, este es debido a que la Falla El Defay como falla activa conforme experimentó el desplazamiento normal generó el

relieve necesario para que el paquete de rocas ígneas expuestas en el bloque de piso fueran sujetas a los procesos de erosión y transporte hacia el bloque de techo donde se comienza a formar la Bajada de Xhibiu. En esta etapa de desarrollo de los abanicos aluviales son comunes los flujos de sedimentos por gravedad (SG) y también barras y estratos de grava (GB) que son indicadores de procesos de descargas de sedimentos por flujos de detritos, que se forman en las zonas iniciales de los canales de distribución dentro de los abanicos aluviales.

## **2. Acumulación de detritos de origen ígneo y sedimentario**

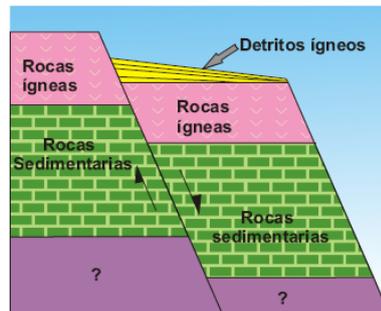
Continúa la actividad de la Falla El Defay se incrementa el salto de la falla, el bloque de piso tiene mayor relieve y en esas condiciones ahora afloran además de las rocas ígneas, también la sucesión de rocas sedimentarias y tenga como consecuencia en aporte y la acumulación de detritos de origen ígneo y sedimentario en la Bajada de Xhibiu. En este caso se tiene presente clastos de tamaño  $\leq 1$  cm y 70 cm, los porcentajes de los clastos en la base del abanico son del 80% ígneos y el 20% sedimentarios. Se encuentra estructurada por elementos arquitectónicos de tipo de acumulación de estratos de arenas (SB), barras y estratos de barra (GB) y canales (CH) con lo que se interpreta que en la bajada hay un constante aporte de flujo de detritos causado por el constante movimiento de la Falla El Defay.

## **3. Disección del al Bajada de Xhibiu**

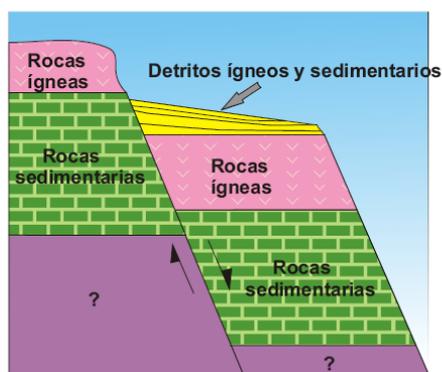
En la parte del bloque de techo donde se encuentra acumulándose la Bajada de Xhibiu se sigue presentado la acumulación de detritos de origen ígneo y sedimentario, pero en este caso ahora hay un mayor aporte de clastos sedimentarios debido a que el paquete de rocas sedimentarias presenta mayor área de afloramiento y es causado por la actividad de crecimiento del bloque de piso de la Falla El Defay. El porcentaje de clastos presentes es de 80% rocas sedimentarias y 20% de rocas ígneas; el tamaño de los clastos varían de

≤1 cm y 70 cm. Posteriormente comienza a presentarse la disección de la Bajada de Xhibiu debido a que en la bajada se presenta un proceso de acumulación mucho menor de detritos en comparación con el proceso de erosión que es mayor.

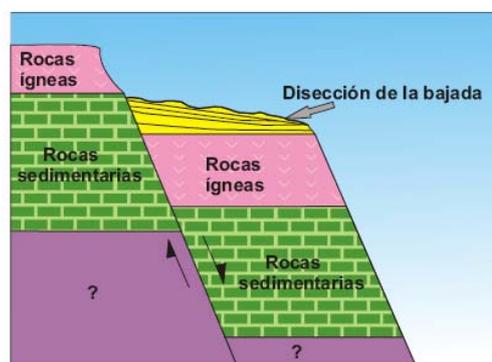
**(1) Acumulación de detritos de origen ígneo**



**(2) Acumulación de detritos de origen ígneo y sedimentario**



**(3) Disección de la Bajada de Xhibiu**



**Figura 5.1. Esquema donde se representa la evolución de la Bajada de Xhibiu conforme se incrementó el desplazamiento de la Falla El Defay.**

## 6. CONCLUSIONES

### Estratigráficas

- Se propone la unidad estratigráfica informal Formación Xhibiu la cual se caracterizó mediante el análisis de facies para depósitos aluviales (Miall, 2000), con lo cual se reconoció un apilamiento de las facies; es decir, depósitos de arena que van de gruesa a media y barras formadas por gravas y arenas correspondientes con facies de intermedia-distal de los abanicos, están cubiertas por facies proximal-media caracterizada por bloques y gravas transportadas por la acción de la gravedad.
- La Formación Xhibiu está conformada por clastos de rocas volcánicas (andesitas basálticas, riolitas y granodioritas), areniscas y calizas. Los clastos provienen de las unidades estratigráficas que se encuentran aflorando en el bloque de piso de la Falla El Defay, los clastos de origen sedimentario corresponden a la Formación Santuario cuya edad es del Tithoniano, la Formación Tamabra de edad Albiano-Cenomaniano, la Formación Soyatal de edad Turoniano. Los clastos de origen ígneo corresponden a la Formación Corteza de edad Oligoceno-Mioceno pero también por la Formación Naxthey de edad Plioceno. La edad probable que se le asignó a la Formación Xhibiu es de Mioceno-Plioceno debido a su posición estratigráfica.

### Estructurales

- La región se encuentra dentro de la zona de extensión intra-arco (Suter et al., 2001) propuesta para la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana, que se manifiesta en estructuras con orientación general este-oeste como es el caso de la Falla El Defay.

- La Falla El Defay es una estructura que condicionó la formación de la Bajada de Xhibiu, presenta una dirección preferencial este-oeste con un arreglo escalonado a la derecha. La falla es de tipo normal con un rumbo N77°E y un bloque caído al sur cuyo echado es de 54°, su cinemática fue claramente reconocida con base en estrías e indicadores cinemáticos.
- A lo largo de la Falla El Defay se presentan domos riolíticos emplazados en su traza, estos es debido a que la falla sirvió como conducto para el emplazamiento de magma riolítico por lo tanto esta actividad es penecontemporánea a la actividad de la falla. La falla corta tanto a las sucesiones mesozoicas como a las cenozoicas y su actividad es contemporánea con la formación de la Bajada Xhibiu. La edad de la Falla El Defay la consideramos posterior a la acumulación de la Formación Corteza (Grupo Pachuca), probablemente del Mioceno-Plioceno.

### **Geomorfológicas**

- En la región se observa dos elementos predominantes que son una montaña en bloque y una bajada. Cabe mencionar que el relieve está matizado por la presencia de una caldera y dos planicies de tipo acumulativa y aluvial.
- La montaña en bloque se desarrolla a partir del bloque de piso de la Falla El Defay, se encuentra conformada por sucesiones mesozoicas las cuales aparecen cubiertas por rocas volcánicas. La ladera sur de la montaña en bloque corresponde con un escarpe de línea de falla y al pie dicho escarpe se presentan tres domos que alineados tienen la morfología de cúpula.
- La bajada de Xhibiu se desarrolla por la erosión remontante del escarpe de la Falla El Defay, sus superficies se encuentran débilmente inclinadas en

contraste con los cerros que están en la montaña en bloque. La bajada se formó por la coalescencia de abanicos aluviales.

- La caldera Tasquillo se trata de una estructura volcánica de composición andesítica que tiene una configuración burdamente anular con laderas exteriores que tiene pendientes menores que las interiores.
- La planicie de acumulación tiene forma elíptica donde se encuentra emplazado el poblado de Tasquillo y solo consiste en depósitos provenientes de la Bajada de Xhibiu.
- Por ultimo la planicie aluvial es una superficie amplia acumulativa fluvial en forma de terraza constituida por los depósitos aluviales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco-Velázquez, B., 1971, Litofacies de la Formación el Abra en la Plataforma de Actopan, Hgo., Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 3, no.1, p. 5-26.
- Carrillo-Bravo, J., 1971, La Plataforma de Valles-San Luis Potosí: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 23, no.1-6, p. 1-102.
- Carrillo-Martínez, M. y Suter, M., 1982, Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 6, México, D.F., Libro-guía de la excursión geológica a la región de Zimapán y áreas circundantes, estados de Hidalgo y Querétaro, p. 1-20.
- Facultad de Ingeniería, 1984, Prospecto Progreso: México D.F., Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Informe Geológico, 1-82 p
- Fries Jr, 1962, Hoja Pachuca 14Q-e(11), con Resumen de la geología de la Hoja Pachuca, Estados de Hidalgo y México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas de México, serie 1: 100,000, mapa con texto.
- Geyne, A.R, Fries C., Jr., Segerstrom, K., Black, R.F., y Wilson, F, 1963, Geología y Yacimientos Minerales del Distrito de Pachuca Real del Monte, Edo de Hidalgo, México, Consejo de Recursos Naturales no Renovables, Pub. 5E.
- GYMSA, 2001, Carta Geológica Minera Tasquillo F14-C69, escala 1:50,000 con reporte de la geología de la Carta Geológica Tasquillo: Pachuca Hidalgo, México, Servicio Geológico Mexicano, mapa con texto.
- INEGI, 1983, Carta Topográfica Tasquillo F 14-C 69, escala 1:50, 000: México D.F., 1 mapa.

- López-Doncel, R., 2003, La Formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, centro-noreste de México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 20, no.1, p. 1-19.
- López-Reyes, J., Santos-Montaña, J:J, Cacho-Casillas, S., Sánchez-Bermeo, G., 1997, Carta Geológica Minera Pachuca F14-11, escala 1: 250, 000: Pachuca Hidalgo, México, Servicio Geológico de México, 1 mapa.
- Lugo Hubp H., 1989, *Diccionario Geomorfológico*, Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miall, A.D., 2000, *Principles of Sedimentary Basins Analysis*, Springer-Verlag New York, 668 p.
- Norini, Gianluca, G., Gianluca, Capra, L. , De Beni, E., 2004, Morphological análisis of Nevado de Toluca volcano (Mexico): new insights into the structure and evolution of an andesitic to dacitic stratovolcano: *Geomorphology*, v. 62, p. 47-61.
- Ortíz-Pérez, M.A., 1981, Estudio Geomorfológico del Glacis de Buenavista, estado de Morelos: *Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*, no. 8, p. 25-40.
- Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L.M., Alaniz-Álvarez, S., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J.J., Nieto-Samaniego, A., Morán-Zenteno, D., 1991, Geologic Provinces of Mexico; a new proposa! and bases for their definition en Rubinovich-Kogan, R., Carreño, A.L. (eds.), *Convención sobre la Evolución Geológica de México, Memoria: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología*, p. 143-144.

- Segerstrom, K, 1961, Geología del Sureste del Estado de Hidalgo y del Noreste del Estado de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 13, no. 3-4, p. 147-168.
- Suter, M., 1987, Structural traverse across the Sierra madre Oriental fold-thrust belt in east-central Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 98, p. 249-264.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M., López-Martínez, M., y Farrar, E., 1995, The Aljibes half-graben—Active extension at the boundary between the trans-Mexican volcanic belt and the Basin and Range Province, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 107; no. 6; p 627-641.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M. y Quintero-Legorreta, O., 1996, Macroseismic Study of Shallow Earthquakes in the Central and Eastern Parts of the Trans-mexican Volcanic Belt, Mexico: Bulletin of the Seismological of America, v. 86, no.6, p 1952-1963.
- Suter, M., López-Martínez, M.; Quintero-Legorreta, O., y Carrillo-Martínez, M., 2001, Quaternary intra-arc extension in the central Trans-Mexican volcanic belt: Geological Society of America Bulletin, v.113: no 6; p. 693-703.

## APÉNDICE

### 1. Apéndice Petrográfico

<b>Muestra EMT 07</b>			
<b>Localidad: Cerro Juárez</b>			
<b>Descripción macroscópica</b>		<b>Descripción microscópica</b>	
<b>Color</b>	Gris claro al fresco	<b>Textura</b>	Coherente inequigranular traquítica (fluidal)
<b>Estructura</b>	Masiva	<b>Minerales identificados</b>	Plagioclasa (andesita-labradorita) Ferromagnesianos Feldespatos K
<b>Textura</b>	Afanítica	<b>Porcentajes</b>	90% Plagioclasas  7% Feldespato K 3% Ferromagnesianos
<b>Minerales observables</b>	Plagioclasas Ferromagnesianos		
<b>Clasificación</b>	Andesita Basáltica		
<b>Observaciones</b>	Presenta dendritas de magnesio, las plagioclasas se están alterando a arcillas y ferromagnesianos		

<b>Muestra EMT 014</b>			
<b>Localidad: Boxhuada</b>			
<b>Descripción macroscópica</b>		<b>Descripción microscópica</b>	
<b>Color</b>	Al fresco es gris claro	<b>Textura</b>	porfídica
<b>Estructura</b>	Masiva	<b>Minerales identificados</b>	Hornblenda Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas (Labradorita)
<b>Textura</b>	Fanerítica	<b>Porcentajes</b>	10% Hornblenda  45% Feldespatos K 40% Plagioclasas 5% Cuarzo
<b>Minerales observables</b>	Plagioclasas Ferromagnesianos		
<b>Clasificación</b>	Cuarzo monzonita		
<b>Observaciones</b>	Algunas de las plagioclasas se están alterando a arcillas, además algunas presentan zoneamiento		

<b>Muestra EMT 017</b>			
<b>Localidad: Naxthey</b>			
<b>Descripción macroscópica</b>		<b>Descripción microscópica</b>	
<b>Color</b>	Al fresco pardo claro	<b>Textura</b>	Microcristalina
<b>Estructura</b>	Masiva	<b>Minerales identificados</b>	Piroxenos Biotita Plagioclasas (albita-oligoclasa) Cuarzo Feldespato K
<b>Textura</b>	Fanerítica	<b>Porcentajes</b>	5% Piroxenos
<b>Minerales observables</b>	Plagioclasas Ferromagnesianos Feldespatos K		5% Biotita 25% Plagioclasas 15% Cuarzo 50% Feldespato K
<b>Clasificación</b>	Riolita		
<b>Observaciones</b>	Se observa minerales arcillosos y ferromagnesianos		

<b>Muestra EMT 028</b>			
<b>Localidad: La Palma</b>			
<b>Descripción macroscópica</b>		<b>Descripción microscópica</b>	
<b>Color</b>	Al fresco verde	<b>Textura</b>	Porfídica
<b>Estructura</b>	Masiva	<b>Minerales identificados</b>	Hornblenda Biotita Feldespatos K Cuarzo Opacos Plagiciasas
<b>Textura</b>	Fanerítica	<b>Porcentajes</b>	15% Hornblenda
<b>Minerales observables</b>	Plagioclasas Hornblenda		2% Biotita 15% Feldespatos K 20% Cuarzo 40% Plagioclasas 8% Ferromagnesianos
<b>Clasificación</b>	Granodiorita		
<b>Observaciones</b>	Presenta fenocristales de plagioclasa, en algunos de ellos hay zoneamiento y tiene pirita diseminada		

<b>Muestra EMT 040</b>			
<b>Localidad: Cantamaye</b>			
<b>Descripción macroscópica</b>		<b>Descripción microscópica</b>	
<b>Color</b>	Al fresco pardo grisáceo	<b>Textura</b>	Coherente inequigranular glomeroporfídica
<b>Estructura</b>	Masiva	<b>Minerales identificados</b>	Piroxenos Biotita Plagioclasas (albita-oligoclasa) Cuarzo Feldespatos K
<b>Textura</b>	Fanerítica	<b>Porcentajes</b>	5% Piroxenos
<b>Minerales observables</b>	Plagioclasas Ferromagnesianos		5% Biotita 40% Plagioclasa 30% Feldespatos K 20% Cuarzo
<b>Clasificación</b>	Riolita		
<b>Observaciones</b>	Se aprecia una gran cantidad de minerales arcillosos		

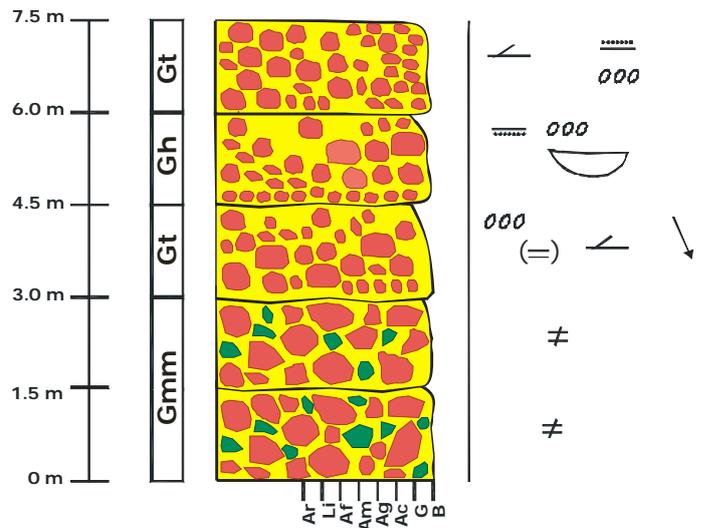
<b>Muestra EMT 050</b>			
<b>Localidad: Puerto del Dexthi</b>			
<b>Descripción macroscópica</b>		<b>Descripción microscópica</b>	
<b>Color</b>	Al fresco gris rosáceo	<b>Textura</b>	Volcanoclastica inequigranular felsofírica
<b>Estructura</b>	Masiva	<b>Minerales identificados</b>	Plagioclasas (andesita-oligoclasa) Cuarzo Feldespatos K Anfíboles Piroxenos
<b>Textura</b>	Afanítica	<b>Porcentajes</b>	60% Plagioclasas
<b>Minerales observables</b>	Plagioclasas Ferromagnesianos Cuarzo Feldespatos K		10% Cuarzo 25% Feldespatos K 5% Ferromagnesianos
<b>Clasificación</b>	Ignimbrita andesítica		
<b>Observaciones</b>	En campos presenta pseudoestratificación		

## 2. Apéndice estratigráfico

### • Apéndice Columna estratigráfica A

Esta columna se midió al sur de la Mesa Xhibiu, en las siguientes coordenadas UTM: 14Q 0471993m E, 2276556m N, elevación 1970m (ver mapa geológico).

# COLUMNA A



## Estructuras Sedimentarias

(Tomada y Modificada de Stow, 2006)

### Litología de los Clastos

 Andesitas basálticas y riolitas

 Calizas y areniscas

### Matriz

 Limo-arenisca

 Estratificación cruzada

 Imbricación

 Grano decreciente

 Grano creciente

 Paleocanal

 Estratificación paralela

 Estructura masiva

 Paleocorriente 132°/60°

Bravo Cardona Edras Fernan y Cornejo Cruz Maricela (2009)

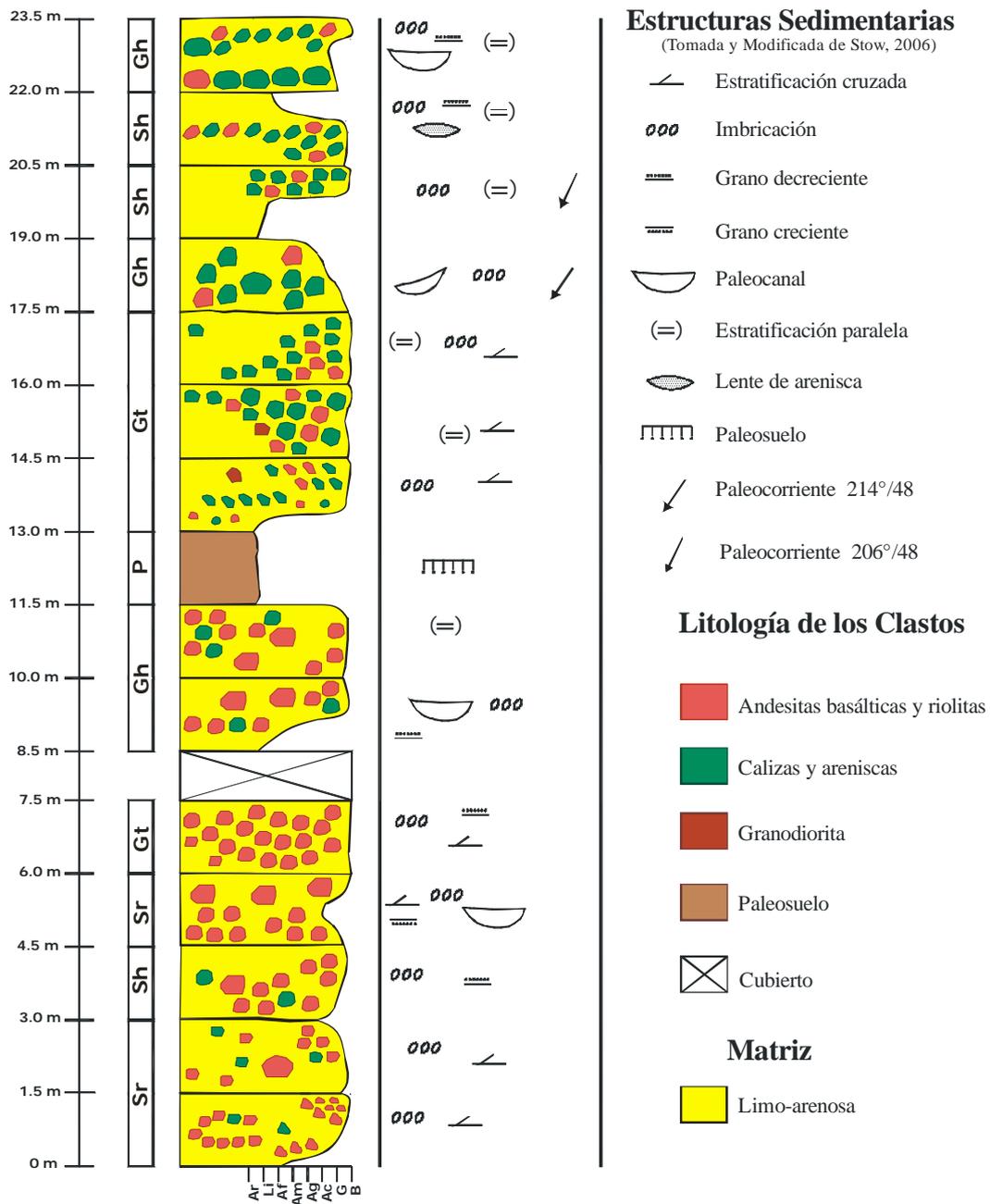
Espesor	Facies	Tipo de clastos	Porcentaje	Redondez	Granulometría	Mineralogía
7.5 m	Gt	Riolita	50%	Subanguloso-redondeado	1cm a 60cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	50%	Subanguloso-redondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
6.0 m	Gh	Riolita	50%	Subanguloso-redondeado	1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita-basáltica	50%	Subanguloso-redondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
4.5 m	Gh	Arenisca	1%	Subredondeado-subanguloso	3cm a 6cm	Feldespatos K Cuarzo
		Caliza (mudstone)	1%	Subredondeado-subanguloso	5cm a 15cm	Calcita
		Riolita	50%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 80cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	48%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
3.0 m	Gmm	Arenisca	2%	Subanguloso-subredondeado	5cm a 10cm	Feldespatos K Cuarzo
		Caliza (mudstone)	4%	Anguloso-subredondeado	10cm a 15cm	Calcita
		Riolita	50%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 60cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	44%	Subanguloso-redondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
1.5 m	Gmm	Arenisca	2%	Subredondeado-subanguloso	5cm a 10cm	Feldespatos K Cuarzo
		Caliza (mudstone)	3%	Anguloso-subredondeado	10cm a 15cm	Calcita
		Riolita	50%	Subanguloso-redondeado	1cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	45%	Subanguloso-redondeado	1cm a 10cm	Plagioclasas Piroxenos

**Tabla 1. Características de los clastos en la Columna estratigráfica A.**

• **Apéndice Columna estratigráfica B**

La columna estratigráfica B fue medida al noroeste del poblado El Dexthi (ver mapa geológico) los puntos de coordenadas UTM son: la base se encuentra en 14Q0471911m E, 2275478m N, elevación 1919 m; y la cima en 14Q0472154m E, 2276214m N, elevación 1923 m.

**COLUMNA B**



Elaboró Bravo Cardona Edras Fernan y Cornejo Cruz Maricela (2009)

Espesor	Facies	Tipo de clastos	Porcentaje	Redondez	Granulometría	Mineralogía
23.5 m	Gh	Caliza (mudstone)	80%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 20cm	Cuarzo Plagioclasas Feldespatos K
		Andesita-basáltica	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 10cm	Plagioclasas Piroxenos
22.0 m	Sh	Riolita	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 20cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
	Gh	Andesita-basáltica	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 10cm	Plagioclasas Piroxenos
		Caliza (mudstone)	80%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
20.5 m	Gh	Caliza (mudstone)	80%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
	Sh	Riolita	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 20cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 10cm	Plagioclasas Piroxenos
19.0 m	Gh	Caliza (mudstone)	80%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 20cm	Calcita
		Riolita	10%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Anguloso-redondeado	1cm a 10cm	Plagioclasas Piroxenos
17.5 m	Gt	Caliza (mudstone)	80%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 20cm	Calcita
		Riolita	10%	Subanguloso-redondeado	>1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Anguloso-redondeado	>1cm a 85cm	Plagioclasas Piroxenos
16.0 m	Gt	Arenisca	7%	Subanguloso-subredondeado	2cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	70%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 70cm	Calcita
		Riolita	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 50cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	3%	Subanguloso	5cm a 40cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
14.5 m	Gt	Arenisca	4%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	65%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 70cm	Calcita
		Riolita	18%	Subanguloso-redondeado	1cm a 20cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	12%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 80cm	Plagioclasas Piroxenos

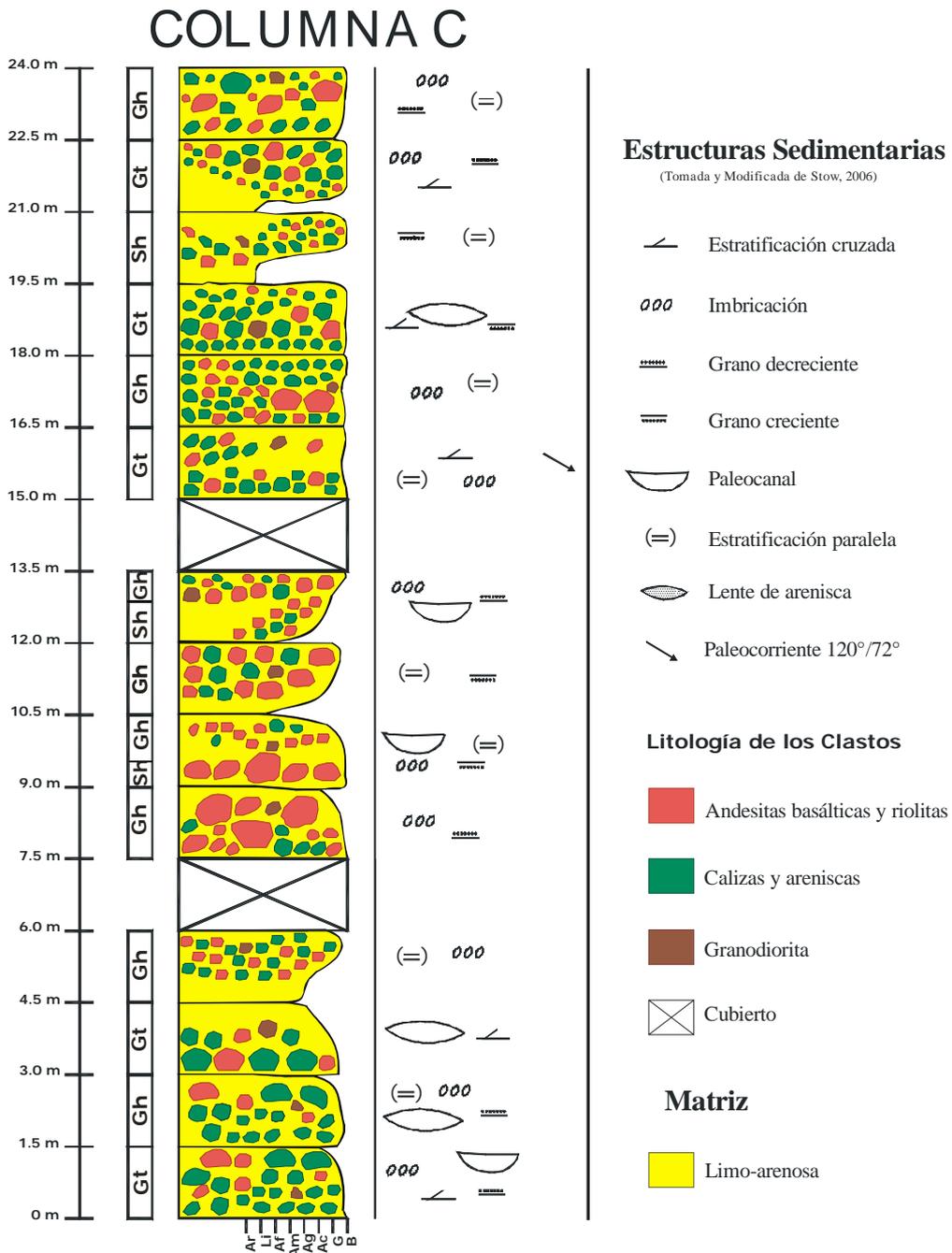
		Granodiorita	1%	Subanguloso	5cm a 20cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
13.0 m	P	Horizonte de paleosuelo				
11.5 m	Gh	Arenisca	10%	Anguloso-subanguloso	5cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	5%	Anguloso-subanguloso	5cm a 40cm	Calcita
		Riolita	40%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	40%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 50cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Subanguloso	10cm a 40cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
10.0 m	Gh	Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	5cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	10%	Anguloso-subanguloso	5cm a 40cm	Calcita
		Riolita	40%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	44%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 50cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	1%	Subanguloso	10cm a 40cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
7.5 m	Gt	Riolita	25%	Subredondeado-redondeado	1cm a 40cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	75%	Subredondeado-redondeado	1cm a 70cm	Plagioclasas Piroxenos
6.0 m	Sr	Riolita	20%	Subredondeado-redondeado	≤1cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	80%	Subredondeado-redondeado	≤1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
4.5 m	Sht	Caliza (mudstone)	10%	Anguloso-subredondeado	10cm a 20cm	Calcita
		Riolita	20%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	70%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 70cm	Plagioclasas Piroxenos
3.0 m	Sr	Caliza (mudstone)	15%	Anguloso-subanguloso	5cm a 20cm	Calcita
		Riolita	20%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 40cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	65%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	5cm a 20cm	Cuarzo Feldespatos K
1.5 m	Sr	Caliza (mudstone)	15%	Anguloso-subanguloso	5cm a 20cm	Calcita
		Riolita	20%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 80cm	Cuarzo Feldespatos K

		Andesita basáltica	60%	Subanguloso-redondeado	≤1cm a 60cm	Plagioclasas Plagioclasas Piroxenos
--	--	--------------------	-----	------------------------	-------------	---

**Tabla 2. Características de los clastos en la columna estratigráfica B.**

• **Apéndice Columna estratigráfica C**

La columna C fue medida en las siguientes coordenadas UTM, la base está en 14Q476290 m E, 2275231 m N, 1,793 m; la cima en 14Q476015 m E, 2275,569 m N, 1909 m al noreste de el poblado El Dexthi.



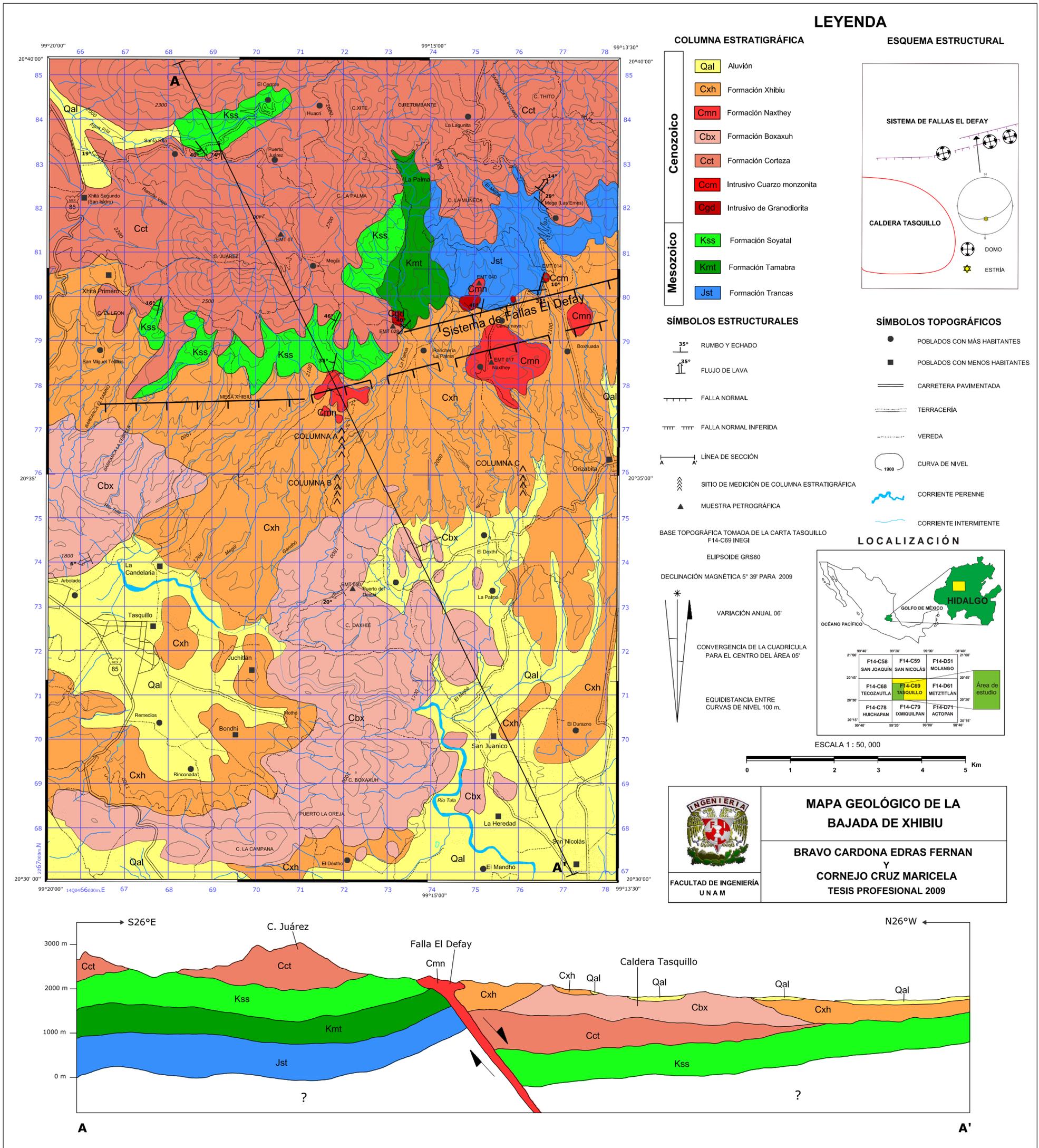
Bravo Cardona Edras Fernan y Cornejo Cruz Maricela (2009)

<b>Espesor</b>	<b>Facies</b>	<b>Tipo de clastos</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Redondez</b>	<b>Granulometría</b>	<b>Mineralogía</b>
24.0 m	Gh	Caliza (mudstone)	65%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 30cm	Calcita
		Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	2cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Riolita	15%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Plagioclasas Feldespatos K
		Andesita-basáltica	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
22.5 m	Gt	Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	2cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	80%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	15%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita-basáltica	10%	Subanguloso-redondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	2%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
21.0 m	Sh	Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	2cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	65%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	15%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	2%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
19.5 m	Gt	Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	2cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	65%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	15%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	2%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
18.0m	Gh	Arenisca	5%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	65%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 50cm	Calcita
		Riolita	18%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 90cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas

		Granodiorita	2%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Piroxenos Plagioclasas Ferromagnesianos
16.5 m	Gt	Arenisca	10%	Subanguloso-subredondeado	2cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	50%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 60cm	Calcita
		Riolita	20%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 60cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	13%	Subanguloso-subredondeado	4cm a 70cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	7%	Anguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
13.5 m	Gh	Arenisca	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	15%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	25%	Anguloso-redondeado	1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	35%	Anguloso-redondeado	1cm a 80cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 25cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
12.0 m	Gh	Arenisca	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	15%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	25%	Anguloso-redondeado	1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	35%	Anguloso-redondeado	1cm a 80cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 25cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
10.5 m	Gh	Arenisca	10%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	15%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	25%	Anguloso-redondeado	1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	35%	Anguloso-redondeado	1cm a 80cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 25cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
9.0 m	Gh	Arenisca	20%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	40%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 25cm	Calcita
		Riolita	20%	Anguloso-redondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	25%	Anguloso-redondeado	≤1cm a 70cm	Plagioclasas

		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 30cm	Piroxenos Plagioclasas Ferromagnesianos
6.0 m	Gh	Arenisca	20%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	40%	Subanguloso-redondeado	1cm a 25cm	Calcita
		Riolita	20%	Anguloso-redondeado	≤1cm a 70cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	15%	Anguloso-redondeado	≤1cm a 70cm	Plagioclasas Piroxenos
	Sr	Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
4.5 m	Sr	Arenisca	30%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
	Gt	Caliza (mudstone)	30%	Subredondeado-redondeado	1cm a 15cm	Calcita
		Riolita	15%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 50cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	20%	Anguloso-subredondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
3.0 m	Gh	Arenisca	30%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	30%	Subanguloso-subredondeado	≤1cm a 20cm	Calcita
		Riolita	15%	Anguloso-subredondeado	1cm a 50cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	20%	Anguloso-subredondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	10cm a 30cm	Plagioclasas Ferromagnesianos
1.5 m	Gt	Arenisca	23%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 15cm	Cuarzo Feldespatos K
		Caliza (mudstone)	27%	Subanguloso-subredondeado	1cm a 30cm	Calcita
		Riolita	20%	Anguloso-redondeado	1cm a 40cm	Cuarzo Feldespatos K Plagioclasas
		Andesita basáltica	25%	Anguloso-redondeado	1cm a 60cm	Plagioclasas Piroxenos
		Granodiorita	5%	Anguloso-subredondeado	5cm a 40cm	Plagioclasas Ferromagnesianos

**Tabla 3. Características de los clastos en la columna estratigráfica C**

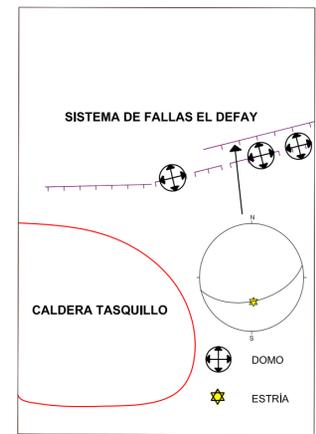


**LEYENDA**

**COLUMNA ESTRATIGRÁFICA**

- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>Cenozoico</b> | <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 2px;">Qal</span> Aluvión                        |
|                  | <span style="background-color: orange; border: 1px solid black; padding: 2px;">Cxx</span> Formación Xhibiu               |
|                  | <span style="background-color: red; border: 1px solid black; padding: 2px;">Cmn</span> Formación Naxthey                 |
|                  | <span style="background-color: lightcoral; border: 1px solid black; padding: 2px;">Cbx</span> Formación Boxaxuh          |
|                  | <span style="background-color: lightpink; border: 1px solid black; padding: 2px;">Cct</span> Formación Corteza           |
|                  | <span style="background-color: lightcoral; border: 1px solid black; padding: 2px;">Ccm</span> Intrusivo Cuarzo monzonita |
| <b>Mesozoico</b> | <span style="background-color: green; border: 1px solid black; padding: 2px;">Kss</span> Formación Soyatal               |
|                  | <span style="background-color: darkgreen; border: 1px solid black; padding: 2px;">Kmt</span> Formación Tamabra           |
|                  | <span style="background-color: blue; border: 1px solid black; padding: 2px;">Jst</span> Formación Trancas                |
|                  | <span style="background-color: red; border: 1px solid black; padding: 2px;">Cgd</span> Intrusivo de Granodiorita         |

**ESQUEMA ESTRUCTURAL**



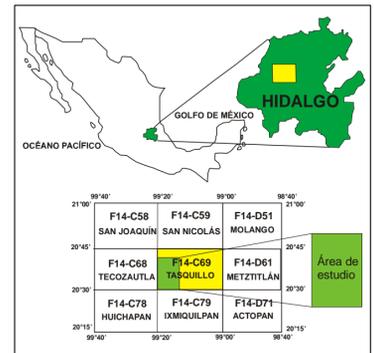
**SÍMBOLOS ESTRUCTURALES**

- RUMBO Y ECHADO
- FLUJO DE LAVA
- FALLA NORMAL
- FALLA NORMAL INFERIDA
- LÍNEA DE SECCIÓN
- SITIO DE MEDICIÓN DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA
- MUESTRA PETROGRÁFICA

**SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS**

- POBLADOS CON MÁS HABITANTES
- POBLADOS CON MENOS HABITANTES
- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERÍA
- VEREDA
- CURVA DE NIVEL
- CORRIENTE PERENNE
- CORRIENTE INTERMITENTE

**LOCALIZACIÓN**



BASE TOPOGRÁFICA TOMADA DE LA CARTA TASQUILLO F14-C69 INEGI

ELIPSOIDE GRS80

DECLINACIÓN MAGNÉTICA 5° 39' PARA 2009

VARIACIÓN ANUAL 06'

CONVERGENCIA DE LA CUADRICULA PARA EL CENTRO DEL ÁREA 05'

EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL 100 m.

ESCALA 1 : 50, 000

0 1 2 3 4 5 Km

	<b>MAPA GEOLÓGICO DE LA BAJADA DE XHIBIU</b>
	<b>BRavo CARDONA EDRAS FERNAN Y CORNEJO CRUZ MARICELA</b>
	<b>TESIS PROFESIONAL 2009</b>

