

UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURAL A LO
LARGO DE LA CARRETERA NL 192 ENTRE EL
RANCHO EL CILANTRILLO Y LA GUARDARRAYA,
MUNICIPIO DE SANTIAGO, NUEVO LEÓN, MÉXICO.

TESIS

Que para obtener el Grado de:
Maestro en Ciencias-Geología.



PRESENTA:

MARTIN ALFONSO CORONA BACA.

Hermosillo, Sonora, 16 de Enero de 2014

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

Departamento de Geología
División de Ciencias Exactas y Naturales

Hermosillo, Sonora, a 06 de Enero de 2014

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

Coordinador de Programa
Maestría en Ciencias-Geología
Departamento de Geología

Por este conducto y de la manera más atenta, me permito someter a su consideración, para su aprobación el siguiente tema de tesis, intitulado:

“ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURAL A LO LARGO DE LA CARRETERA NL 192 ENTRE EL RANCHO EL CILANTRILLO Y LA GUARDARRAYA, MUNICIPIO DE SANTIAGO, NUEVO LEÓN, MÉXICO”

Esto es con el fin de que el alumno: **MARTÍN ALFONSO CORONA BACA**, pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título de Grado de la Maestría en Ciencias-Geología.

Sin otro en particular quedamos de Usted.

A T E N T A M E N T E

Dr. Francisco Longoria Treviño

Director de Tesis

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

Co-Director de Tesis

C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

Departamento de Geología
División de Ciencias Exactas y Naturales

Hermosillo, Sonora a 07 de enero de 2014

Dr. Francisco Longoria Treviño

Director de Tesis

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

Co-Director de Tesis

Por este conducto les comunico que ha sido aprobado el tema de tesis propuesto por Ustedes, intitulado:

**"ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURAL A LO LARGO DE LA
CARRETERA NL 192 ENTRE EL RANCHO EL CILANTRILLO Y LA
GUARDARRAYA, MUNICIPIO DE SANTIAGO, NUEVO LEÓN, MÉXICO"**

Esto es con el fin de que el alumno: **CORONA BACA MARTÍN ALFONSO** pueda presentar su examen profesional, para la obtención del título de Grado. Asimismo les comunico que han sido asignados los siguientes sinodales:

M.C. Francisco Javier Grijalva Noriega	Presidente
M.C. Manuel Valenzuela Rentería	Secretario
Dr. Rogelio Monreal Saavedra	Vocal
Dr. Francisco Longoria Treviño	Vocal

Sin otro en particular quedo de Ustedes

A t e n t a m e n t e

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

Coordinador de Programa
Maestría en Ciencias-Geología

C.c.p. Interesado

C.c.p. Archivo



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

UNIVERSIDAD DE SONORA

Departamento de Geología
División de Ciencias Exactas y Naturales

NOMBRE DE LA TESIS:

***"ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURAL A LO LARGO DE LA
CARRETERA NL 192 ENTRE EL RANCHO EL CILANTRILLO Y LA
GUARDARRAYA, MUNICIPIO DE SANTIAGO, NUEVO LEÓN, MÉXICO"***

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

MARTIN ALFONSO CORONA BACA

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada, como requerimiento parcial para obtener el Título de Grado en la Universidad de Sonora.

M.C. Francisco Javier Grijalva Noriega

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada, como requerimiento parcial para obtener el Título de Grado en la Universidad de Sonora.

M.C. Manuel Valenzuela Rentería

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada, como requerimiento parcial para obtener el Título de Grado en la Universidad de Sonora.

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada, como requerimiento parcial para obtener el Título de Grado en la Universidad de Sonora.

Dr. Francisco Longoria Treviño

A t e n t a m e n t e

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

Coordinador de Programa
Maestría en Ciencias-Geología

Al **CONACYT**, por otorgarme una beca, para la realización del presente, con número (CVU/Becario): **406315/257901**, durante el periodo del 15 de agosto de 2011 al 31 de julio de 2013.

A la **UNISON**, por brindarme el cobijo necesario.

A mis directores y jurado de tesis, por el apoyo y la dedicación en el análisis y desarrollo de éste proyecto:

Dr. José Francisco Longoria Treviño

Dr. Rogelio Monreal Saavedra

M.C. Manuel Valenzuela Rentería

M.C. Francisco Javier Grijalva Noriega

A Sheila Abelí Corrales Martínez, por las múltiples sesiones de laminado de muestras de roca.

A mis compañeros y amigos, que no son nombrados por evitar la omisión de alguno.

Índice

Páginas

Capítulo I. Introducción	1
Geografía y fisiografía.....	1
Localización del área de estudio	2
Antecedentes	4
Objetivos	6
Objetivo principal.....	6
Objetivos particulares	6
Metodología	6
Trabajo de campo	6
Trabajo de laboratorio	8
Marco geológico regional.....	8
Régimen tectónico de la Cordillera Nuevoleonesa	10
Régimen tectónico transpresivo en la Cordillera Nuevoleonesa	11
Capítulo II. Levantamiento estratigráfico-estructural a lo largo del camino que comprende desde La guardarraya hasta el rancho “El Cilantrillo”, carretera NL 192	12
Capítulo III. Unidades líticas	107
Formación San Felipe (Muir, 1936).....	107
Formación El Cercado (Longoria y Dávila, 1979)	107
Unidad 1.....	108
Unidad 2.....	109
Unidad 3.....	110
Unidad 4.....	111

Unidad 5.....	112
Unidad 6.....	113
Unidad 7.....	114
Unidad 8.....	115
Unidad 9.....	116
Capítulo IV. Columnas estratigráficas a lo largo del caminamiento	117
Columna I.....	117
Columna II.....	118
Columna III.....	118
Columna IV.....	120
Columna V.....	121
Columna VI.....	121
Columna VII	121
Columna VIII	121
Columna IX.....	123
Estratigrafía	126
Capítulo V. Interpretación Estructural	129
Sección A-A'	129
Sección B-B'	130
Sección C-C'	130
Sección D-D'	131
Sección E-E'	132
Sección F-F'	133
Sección G-G'	134

Sección H-H'	134
Sección I-I'	135
Sección J-J'	136
Estructura geológica	137
Capítulo VI. Historia Geológica	141
Interpretación de los ambientes sedimentarios	141
Tectonoestratigrafía	145
Capítulo VII. Conclusiones y recomendaciones	147
Conclusiones.....	147
Recomendaciones.....	149
Referencias	150

Capítulo

/

Introducción

Capítulo I. Introducción

Geografía y Fisiografía

El área de estudio está enclavada en la parte oeste central del estado de Nuevo León, en el Municipio de Santiago (**Figura 1**).



Figura 1. Localización del estado de Nuevo León, México.

La “Sierra Madre Oriental” es uno de los rasgos fisiográficos más importantes del sistema montañoso de México, extendiéndose a todo lo largo del lado este del territorio nacional. Apoyándose en las características fisiográficas y geológicas, Longoria (1998) introdujo el término “Cordillera Mexicana” para identificar el sistema montañoso conocido como “Sierra Madre Oriental”. En el presente estudio se utiliza ese concepto (“Cordillera Mexicana”), el cual expresa con mejor claridad el sentido geológico, ya que el término *cordillera* incluye una cadena montañosa formada por un sin número de sierras, que no necesariamente se encuentran relacionadas paleogeográficamente, lo cual coincide con este rasgo fisiográfico.

La Cordillera Mexicana influye de manera importante en la configuración del terreno formando las altiplanicies de Galeana y Doctor Arroyo, las sierras de Iguana, Picachos, Papagayos y Santa Clara y los valles del Pilón, de la Ascensión y de Río Blanco. Las máximas elevaciones se encuentran en los Cerro El Potosí, Ascensión y San Antonio Peña Nevada, los tres por arriba de los 3,500 m de altitud.

De acuerdo con las observaciones de Longoria (1998), la Cordillera Mexicana contiene cuatro segmentos basados en la paleogeografía y la historia tectónica. Estos son, de sur a norte: La Sierra Madre del Sur, Juárez, Huayacocotla y Victoria, dentro del cual se localiza el área de estudio. El segmento Victoria se encuentra orientado en una dirección NNE, inicia en Ciudad Victoria, Tamaulipas, adentrándose a Nuevo León; inmediatamente al sur de Monterrey, define el sector del Frente Oriental, posteriormente forma una curvatura oroclinal al oeste definiendo el Sector Transverso (Longoria, 1998).

El estado de Nuevo León contiene cinco provincias geológicas, mismas que están orientadas con una tendencia general en dirección SE-NW (**Figura 2**). Éstas son, de sur a norte: 1) El Altiplano (Meseta Central); 2) La Cordillera Mexicana; 3) Las Sierras Tamaulipecas; 4) La Cuenca de Burgos (Llanura Costera del Golfo); y 5) El Macizo Burros-Picachos (Plataforma de Burros-Picachos) (Longoria, *op. cit.*). En general, el estado de Nuevo León es una región montañosa; aproximadamente la mitad de su superficie está cubierta por la Cordillera Mexicana. Éste sistema montañoso es la característica fisiográfica predominante en el este y centro de México, su extensión comienza desde la frontera con Guatemala al norte a través de todo el país hasta la frontera con Estados Unidos. Las partes central y norte del estado se caracterizan por las aisladas Sierras Tamaulipecas y las tierras bajas de la Llanura Costera del Golfo.

A la porción de la Cordillera Mexicana que atraviesa el estado de Nuevo León se le conoce como *Cordillera Nuevoleonesa* (Longoria, 1998, **Figura 3**), la cual está formada por una sucesión de sierras muy altas que llegan a alcanzar elevaciones de más de tres mil metros sobre el nivel del mar y valles estrechos y profundos de 500 metros o menores.

Las sierras por lo general son anticlinales con orientaciones variables y que con frecuencia son estructuras alargadas de hasta 50 kilómetros de longitud y entre 5 a 10 kilómetros de amplitud, las cuales presentan una torsión a lo largo del eje estructural, dando como resultado vergencias estructurales opuestas. Esta morfología compleja es resultado de una deformación tectónica transpresiva (Longoria 1985) que ha dado lugar a una variedad de estructuras que van desde pliegues simétricos, asimétricos y pliegues de caja.

Localización del Área de Estudio

El área de estudio cubre un extensión geográfica de aproximadamente 45 km², se localiza a 37 km al sur-sureste de la ciudad de Monterrey, Nuevo León (**Figura 2**), entre las coordenadas geográficas 25° 21' 50" N y 100° 28' 27" O y 25° 21' 00" N y 100° 20' 00" O (**Figura 2**). El límite occidental del área es "la guardarraya" o límite geográfico entre los estados de Nuevo León y Coahuila, mientras que el límite oriental queda definido por el

Rancho “El Cilantrillo”, así pues, está región se ubica en el municipio de Santiago, Nuevo León, el cual colinda al oeste con el municipio de Arteaga, Coahuila.

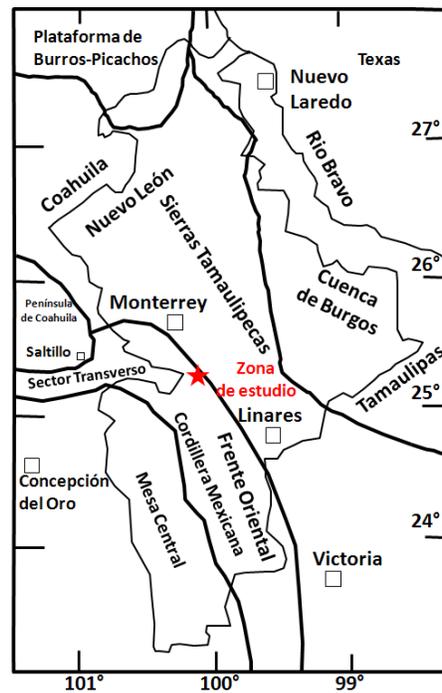


Figura 2. Mapa índice mostrando la localización de la zona de estudio y las provincias geológicas del estado de Nuevo León, de noreste a suroeste: La Cuenca de Burgos; El Macizo Burros-Picachos (Plataforma de Burros-Picachos); Las aisladas Sierras Tamaulipas; la Cordillera Mexicana dividida en el Frente Oriental y El Sector Transverso; y el Altiplano (Mesa Central) (Modificado de Longoria, *et. al.* 1998).

En el área de estudio se encuentran los poblados: San José de las Boquillas, La Peñita, San José de las Adjuntas y La Jacinta, quedando todos conectados por la única vía de acceso que es la carretera estatal NL 192, misma que une a los estados de Coahuila y Nuevo León en las vecindades de la región. El caminamiento que se realizó tiene una longitud de 17,491 m. Como referencia de ubicación geográfica se tiene el poblado de la Laguna de Sánchez, el cual se ubica a 40 km al WSW del poblado El Cercado, N.L. mismo que está localizado sobre la carretera nacional MX 85. La carretera NL 192 conduce desde el Poblado de El Cercado, N.L., hasta el límite estatal -La guardarraya- entre Nuevo León y Coahuila de Zaragoza, para después continuar hasta el poblado Los Lirios en el Municipio de Arteaga, Coahuila (**Figura 4**).

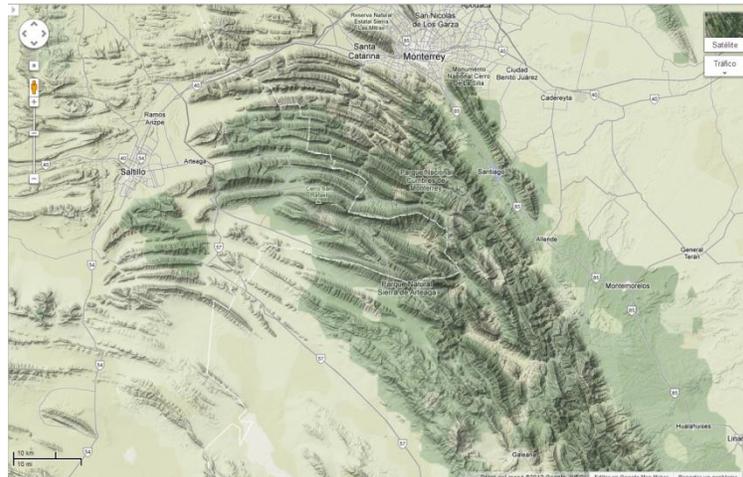


Figura 3. Cordillera Nuevoleonesa. Al sur de Monterrey comienza una curvatura que cambia la dirección de SE-NW a E-W hacia Saltillo (Tomado de Maps, G. 2012).



Figura 4. Localización del área de estudio en el recuadro de color azul claro. Se aprecian los diferentes rasgos físicos como lo son: La Villa de Santiago; La Laguna de Sánchez; El rancho “El Cilantrillo”; y “La guardarraya” –límite entre el estado de Coahuila, al oeste, y el estado de Nuevo León, al este (Tomado de Maps, G. 2012).

Antecedentes

Realmente es poco lo que se conoce acerca de la geología de la Sierra Potrero de Ábrego y de aquella comprendida entre el rancho “El Cilantrillo” y “la guardarraya”, sin embargo, se observa una serie de trabajos geológicos cercanos al área de estudio. Así, entre los estudios geológicos pioneros en el noreste de México, cabe citar los trabajos de Bose (1923) sobre la geología del NE de México; el trabajo de Burkhardt (1930) que detalla el Mesozoico en el sur de México; Barker (1941) hace notar estructuras geológicas cercanas

al área de estudio; y el trabajo de Mulleried (1944) que trata de la geología del estado de Nuevo León. Por su parte De Cserna (1956) da a conocer la geología regional del noreste de México e incluye una cartografía a escala regional. En 1956, Humphrey y Díaz realizaron un estudio de la sucesión cretácica del Cañón La Huasteca, localizado al norte de la Sierra de San Juan Bautista, haciendo notar la presencia de abundante fauna de amonites en la Formación La Peña. El trabajo de Sánchez (1967), describe las formaciones Cupido, Aurora, Cuesta del Cura, Agua Nueva y San Felipe en el área del Anticlinal de Los Muertos de la Cordillera Mexicana.

Otras contribuciones geológico-estratigráficas de interés para este estudio incluyen el trabajo de Longoria (1975), en el cual se establece la estratigrafía de la Serie Comancheana del noreste de México; Gamper (1977) desarrolló su trabajo de estratigrafía y microfacies en el Anticlinorio de Huizachal Peregrina en Ciudad Victoria, Tamaulipas; Padilla y Sánchez (1978) reporta las formaciones Agua Nueva y San Felipe para el límite del estado de Nuevo León; por su parte Zwanzinger (1978) estudió el sistema sedimentario de la Formación Cupido en el noreste de México, incluyendo la “Sierra Madre Oriental” en Monterrey, y propone una reconstrucción paleogeográfica para el Jurásico y Cretácico Superior, así como el marco geológico regional; Longoria y Dávila (1979) presentan la estratigrafía y microfacies del Cerro de la Silla al sureste de la Ciudad de Monterrey. Otros trabajos cercanos al área de estudio son los de: Blauser (1981) sobre la Formación Taráises; y Ross (1981) sobre la Caliza Tamaulipas; ambos en el Cañón de Santa Rosa de la Cordillera Mexicana al este de Linares, Nuevo León. También se tiene la contribución de Longoria y Monreal (1991) en la Sierra de la Nieve en el Estado de Coahuila a unos 100 kilómetros al oeste del rancho “El Cilantrillo”. Longoria et al. (1996) llevan a cabo el estudio estratigráfico detallado del Cañón de la Boca del Anticlinal de la Sierra de San Juan Bautista, en Santiago Nuevo León, localizado a unos 8 kilómetros al noroeste del área estudiada. En 2005, Chávez-Cabello estableció, paso por paso, parte de la evolución de deformación de la cobertura desarrollada durante la orogenia Laramide, es decir, la evolución estructural del frente tectónico de la “Sierra Madre Oriental” en el Cañón Santa Rosa, Linares, Nuevo León. De los trabajos más recientes llevados a cabo en las cercanías al área estudiada se encuentra el realizado por Pérez et al. (2006), en el cual se presenta el estudio de las microfacies de la sección del Cretácico Inferior en la Sierra El Álamo. También es de importancia mencionar los trabajos de: Ocampo (2008), en el cual hace un estudio de las facies y sistemas de depósito del Miembro Arenoso Galeana, de la Formación Taráises del Cretácico Inferior del noreste de México; y el de Moreno Hirashi (2009), que comprende la estratigrafía de El Tejocote, Municipio de Santiago, Nuevo León.

La carencia de estudios estratigráficos detallados basados en el análisis de las microfacies ha impedido conocer los ambientes que prevalecieron durante la sedimentación de los

depósitos presentes en el área de estudio. De igual forma, los análisis de la estratigrafía física y las estructuras en cuestión son poco conocidos.

Objetivos

El objetivo principal es:

- Dar a conocer la sucesión estratigráfica y los rasgos físicos de las unidades expuestas a lo largo de la carretera NL 192, entre el Rancho El Cilantrillo y la guardarraya por medio de un levantamiento de campo estratigráfico-estructural.

Los objetivos particulares son:

- Identificar las unidades líticas representadas a lo largo del trayecto de la carretera NL 192 comprendido entre el Rancho El Cilantrillo y la guardarraya.
- Realizar un muestreo representativo de la sucesión expuesta a lo largo del levantamiento de campo.
- Establecer la litoestratigrafía de las unidades líticas identificadas. Establecer la litocorrelación de las unidades identificadas con unidades formales de la región (noreste de México).
- Definir la estructura geológica que caracteriza esos paquetes líticos (**Anexo I**).
- Determinar la posición cronoestratigráfica de los paquetes líticos identificados en el campo.
- Llevar a cabo una interpretación paleogeográfica de la sucesión estratigráfica para poder así interpretar la evolución geológica, tomando como base los datos estratigráficos observados en el caminamiento.

Metodología

Trabajo de Campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en base a tres visitas de campo, las cuales en orden cronológico fueron:

Junio-julio de 2011

- Se realizó un reconocimiento de campo, detallado a profundidad, del área de estudio.

- Se identificaron tres unidades líticas, localizadas al inicio, en la parte central y al oriente del trayecto.
- La estancia en campo tuvo una duración de aproximadamente 30 días, misma en la cual se establecieron las bases para el desarrollo del proyecto de investigación.

Diciembre de 2011

- Se realizó una estancia de 7 días, elaborando un levantamiento estratigráfico-estructural por medio del método de la cinta y brújula (Longoria, 1998), explicación oral del Dr. Longoria. Se colectaron muestras de manera selectiva a intervalos variables, los cuales dependieron directamente de la orientación de los estratos, pudiendo ser desde centímetros hasta metros (orientación en planta) entre muestra y muestra. El patrón que se tomó como referencia para el muestreo fue el carácter litológico de los estratos. Dentro de los puntos notables en la toma de muestras se tiene la obtención de ejemplares de rocas compactas. En el caso de contactos litológicos abruptos fue necesario tomar muestras de ambas litologías, esto permitió un control preciso en los límites entre las unidades para su posterior litocorrelación certera con unidades formales. Se colectó un total de 35 muestras. La posición estratigráfica de ellas se muestra en los perfiles de afloramientos dentro del levantamiento estratigráfico-estructural (ver **Capítulo 2, Capítulo IV**).
- Se reconocieron 9 unidades líticas.
- Se tomaron los datos estructurales (rumbo y echado) de las unidades líticas y la ubicación de los contactos entre las mismas (**Anexo 1**).
- Se graficaron, a manera de bosquejo, durante 3 días, todos los rasgos físicos del caminamiento (**Anexo 1**).

Mayo-junio de 2012 (Trabajo en campo)

- Esta etapa consistió de 21 días de trabajo en campo durante la cual se realizó un levantamiento estratigráfico-estructural a cinta y brújula. Se realizó la cartografía a lo largo de la carretera NL 192. Asimismo se presentó la necesidad de salir a campo en días posteriores para confirmar y/o verificar que la información obtenida fuera la correcta, aproximadamente 10 a 12 días para corroborar.
- Con los datos obtenidos en las estaciones de junio-julio y diciembre de 2011, se configuró el caminamiento en planta para referenciar los datos colectados.
- Se describieron las unidades presentes en cada afloramiento. Las unidades líticas se identificaron en base a las propiedades físicas observadas en el campo.

- Se efectuó un muestreo representativo de cada unidad, colectándose un total de 108 muestras de mano para dar un total de 143 muestras para desarrollar la presente investigación.

Mayo-junio de 2012 (Trabajo de gabinete)

- Esta etapa de gabinete en campo consistió de 15 a 20 días.
- Se describió el levantamiento estratigráfico-estructural de las unidades (de forma digital, en escrito).
- Se interpretó la estructura de la secuencia utilizando el método de los “Kinks” para la reconstrucción de pliegues. Este método está basado en la conservación del espesor de las unidades (Longoria, 1998), explicación oral del Dr. Longoria.
- Se calculó el espesor de las unidades por medio del método gráfico (Longoria, op. cit.), explicación oral del Dr. Longoria.
- A partir de las diferentes columnas a lo largo del caminamiento, se obtuvo una columna estratigráfica compuesta la cual tiene un espesor total de 909 metros.

Trabajo de Laboratorio

El laminado de las muestra se llevó a cabo por parte del taller de laminado de la Universidad de Sonora, UNISON. Una vez en el laboratorio, se realizó la descripción petrográfica de las muestras (**Capítulo II**).

Marco Geológico Regional

Mucho de lo que se conoce sobre la geología regional del noreste de México se deriva de los estudios pioneros de Bose (1923) quien estableció la existencia de una tierra positiva en el NE de México; por su parte, Imlay (1936, 1937, 1938 y 1943), apoyado en evidencias estratigráficas y paleontológicas, postuló pruebas sobre la existencia y desarrollo de la Península de Coahuila, del Geosinclinal Mexicano y de la Península de Tamaulipas, para concluir su obra con un modelo de la distribución de tierras positivas en México durante el Jurásico Tardío y su evolución a través del Cretácico y Terciario Temprano. Burckhardt (1930), Kellum, et. al. (1936), Álvarez (1949) y Humprey (1956), afinaron los lineamientos postulados con anterioridad, llegando los dos últimos a presentar modelos paleogeográficos más detallados.

La sucesión estratigráfica mesozoica del estado de Nuevo León comprende sedimentos marinos y terrígenos que van desde el Triásico-Jurásico Inferior hasta el Cretácico

Superior. Los estudios geológico regionales realizados por Longoria (1998) permiten reconocer las siguientes unidades litoestratigráficas para la sucesión mesozoica del estado de Nuevo León (**Figura 5**).

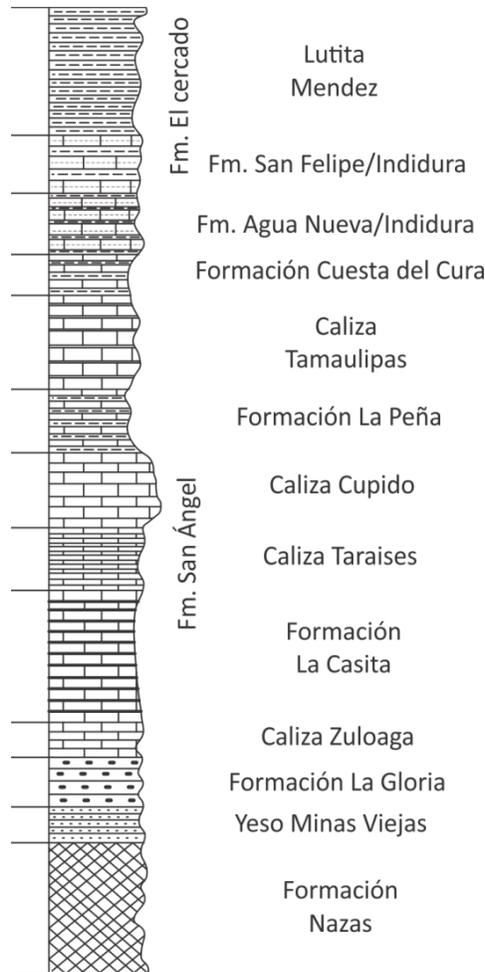


Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de las unidades líticas reconocidas en la Cordillera Nuevoleonesa, mostrando las formaciones comúnmente en uso (Modificado de Longoria, *et. al.* 1998).

Las formaciones que son del interés de este estudio son las formaciones San Felipe/Indidura y la Lutita Méndez por mantener un parecido muy fuerte a la Formación El Cercado.

Formación El Cercado (Longoria y Dávila, 1979)

Esta unidad fue originalmente descrita por Longoria y Dávila en 1979, tomando como estratotipo la sucesión lítica expuesta en los alrededores del Poblado El Celcado del municipio de Santiago, N. L. De acuerdo con esos autores (op. cit., pp 90-92) esta formación consiste en una alternancia irregular de caliza arcillosa de estratos delgados a

medianos a masivos, caliza arenosa, y arenisca calcárea que alternan con margas y lutitas arenosas. Localmente las calizas y lutitas son ricas en materia orgánica lo que les da una coloración negra. La Formación El Cercado puede alcanzar un espesor de más de 850 m. En general, esta unidad es pobre en microfósiles.

Régimen Tectónico de la Cordillera Nuevoleonesa

La Cordillera Nuevoleonesa es parte del segmento Victoria de la Cordillera Mexicana (**Figura 3**). El segmento Victoria se extiende desde Ciudad Victoria hasta las cercanías de Monterrey, con una orientación general de NNE. Al sur de Monterrey, la Cordillera Nuevoleonesa hace un giro muy marcado al oeste, hacia Saltillo. Esta tendencia de la Cordillera Nuevoleonesa define los dos rasgos característicos de este cinturón plegado: (1) el este frontal; y (2) las Sierras Transversas. De hecho, el grado de deformación de la cubierta mesozoica de esta parte de la cordillera define el oroclinal de Monterrey (Longoria, 1998).

El origen y cinemática de la curvatura oroclinal de la Cordillera Nuevoleonesa, no han sido bien definidos. Éste rasgo es una unidad morfológica continua y prominente que se extiende desde la parte sur del estado con una dirección NNW a través de la parte central, al sur de Monterrey, lugar donde adquiere su doblez al oeste franco hacia Torreón-Saltillo.

La evolución de la Cordillera Nuevoleonesa y el arco orogénico de Monterrey están ligados a la evolución paleogeográfica del Mar Mexicano, una extensión al oeste durante el Mesozoico, de lo que hoy en día es el Golfo de México. Esta gran cuenca se encontraba limitada al sur por “el continente o Tierra Sur” referida como el “Continente Occidental”, y al norte por “el continente o Tierra Norte” incluyendo el Macizo Picachos. La parte norte de la Cordillera Nuevoleonesa se define por el arco orogénico de Monterrey, en general definido entre los poblados de Saltillo-Monterrey-Linares-Galeana. Este arco orogénico es la extensión más al norte del Segmento Victoria de la Cordillera Mexicana *sensu* Longoria (1984, “Sierra Madre Oriental” de otros autores).

Las características expuestas de este cinturón incluyen: 1) notables crestas de anticlinales y estrechos valles, ambos de escala kilométrica, conformados por la cubierta sedimentaria mesozoica (variando en edad desde Triásico a Cretácico tardío), entre las estructuras presentes están los pliegues de caja (“pliegues de hongo”); 2) un patrón muy bien definido de pliegues anticlinales en-échélon; 3) yuxtaposición de dominios tectonoestratigráficos; 4) anticlinales asimétricos, volcados, asociados con doble buzamiento, anticlinales fallados; 5) tendencias sinuosas de los pliegues, largas e interrumpidas; 6) carencia de un gran desplazamiento horizontal debido a cabalgamiento; 7) plegamiento de las estructuras predominante sobre el fallamiento; 8) cabalgamiento local con vergencia opuesta; y 9) ausencia de volcanismo (Longoria *et. al.*, 1998).

Las características estructurales de la cubierta sedimentaria mesozoica de la Cordillera Nuevoleonesa, y del arco de Monterrey en particular, reflejan claramente el estilo de deformación del tipo “tectónica de piel delgada”. Sin embargo, el estilo de deformación total mostrado por las estructuras kilométricas carece de algunas características fundamentales que tipifican la deformación encontrada en el régimen compresional (colisión) de los cinturones plegados y cabalgados de un frente tectónico (“foreland”) incluyendo: 1) cabalgamiento a gran escala del tipo Alpino, Apalachiano, y de las Rocallosas Canadienses; 2) la presencia de trazas de ejes de pliegues y de fallas lineales y concéntricos, i.e., pliegues y fallas permaneciendo extensamente muy lineales; 3) vergencia común de los pliegues, i.e., todos ellos en dirección de la compresión; y 4) polaridad paleogeográfica bien organizada mostrando una progresión general desde la unidad más joven hasta la más antigua debido a la imbricación de los paquetes (deformación progradante) (Longoria *et. al., op. cit.*).

Régimen Tectónico Transpresivo en la Cordillera Nuevoleonesa

Se reconoce el régimen tectónico transpresivo en la megaestructura (estructuras kilométricas) de la Cordillera Nuevoleonesa. El régimen tectónico transpresivo se caracteriza por: a) fuerte volcamiento y plegamiento tipo hongo o caja, b) crestas anticlinales kilométricas y valles sinclinales, mostrando torsión a lo largo del eje axial de la tendencia, presentando doble buzamiento y distribución en-échelon, y c) cabalgamiento local con vergencia opuesta asociada a fallas de deslizamiento lateral (Longoria, 1985; Longoria, *et. al.* 1998).

De acuerdo con las observaciones de Longoria (*op. cit.*) la consecuencia directa del régimen tectónico transpresivo en México fue la generación de múltiples conjuntos de fallas de desplazamiento lateral izquierdas (fallas transcurrentes) las cuales forman un sistema de fallas anastomosado que delinea las provincias morfotectónicas (“microplacas”). Ese mismo autor (Longoria, *op. cit.*) concluye que, el estilo estructural en cada microplaca es básicamente transpresivo pero cada una muestra características estructurales contrastantes relacionadas a la deformación independiente de dominios de fallas individuales dentro del sistema entero de desplazamiento lateral. Este comportamiento independiente de las componentes de los conjuntos de fallas explica la rotación levógiro de ‘bloques’ en México, postulada por Urrutia Fucugauchi (1981; 1984).

Capítulo

//

Levantamiento
Estratigráfico-
Estructural

Capítulo II. Levantamiento Estratigráfico-Estructural a lo Largo de la Carretera NL 192 Comprendido Entre la Guardarraya (km 20+165 m) Hasta el Rancho “El Cilantrillo” (km 2+746m).

La sección expuesta a lo largo del intervalo estudiado de la carretera NL 192 fue analizada en base a las características físicas de los paquetes sedimentarios observados a lo largo de la travesía, estas características comprenden: a) tipo de roca, incluyendo granulometría, b) espesor de los estratos, c) tipo de estratificación, y d) color (en superficie intemperizada y fresca). Se ubicaron con precisión los puntos en los cuáles se tomaron muestras de los afloramientos, en el texto se incluyen algunas fotomicrografías tanto en luz natural como en luz polarizada de las láminas delgadas correspondientes a las muestras más representativas (cada lámina cuenta con su respectiva imagen con los nicoles cruzados). Como puntos de referencia se dan las estaciones marcadas en el afloramiento y sus respectivas distancias (**Anexo I**), se muestra el caminamiento a partir de afloramientos compuestos (**Tablas I, II y III**), asimismo se referencian rasgos físicos (ranchos, estanquillos, cañadas, cabañas, escuelas, iglesias, etc. **Anexo I**).

Estación 01–02: 0–47 m, visual: N078°, pendiente: 03°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro. En la estación 1+0 m se localiza la guardarraya (**Tabla I**).

Estación 02–03: 47–165 m, visual: N113°, pendiente: -03°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 03–04: 165–215 m, visual: N087°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro. En la estación 3+0 m se localiza el poste del km 20 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

Estación 04–05: 215–265 m, visual: N121°, pendiente: -04°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 05–06: 265–315 m, visual: N121°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 06–07: 315–366 m, visual: N120°, pendiente: -06°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 07–08: 366–462 m, visual: N135°, pendiente: -04°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 08–09: 462–605 m, visual: N084°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 09–10: 605–655 m, visual: 078°, pendiente: -01°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 10–11: 655–734 m, visual: N062°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro (**Tabla I**).

Estación 11–12: 734–784 m, visual: N035°, pendiente: -05°

El intervalo de 0 a 16 m se encuentra cubierto por aluvión, está formado de clastos de lodolita calcárea, caliza mudstone a wackestone y tobas, el tamaño de los clastos varía de 0.10 a 0.14 m, es de color pardo oscuro. De 16 a 50 m aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.08, 0.10 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. Se colecto la

muestra M11+35 en la parte inferior del afloramiento (**Figura 6, Lámina 1. A, Capítulo IV, columna I, Tabla I**). La actitud general de los estratos es **N290°, NE80°**.

Estación 12–13: 784–1084 m, visual: N088°, pendiente: -03°

En el intervalo de 0 a 60 m aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.09, 0.11 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. Las muestras colectadas para este sector son M12R₀, M12R₀₋₁ y M12R₁ (**Figura 6, Lámina 1. B, Capítulo IV, columna I**). La actitud general de los estratos es **N290°, NE80°** (**Figuras 7 y 8**). De 60 a 150 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable lodolita calcárea, **Tabla I**).

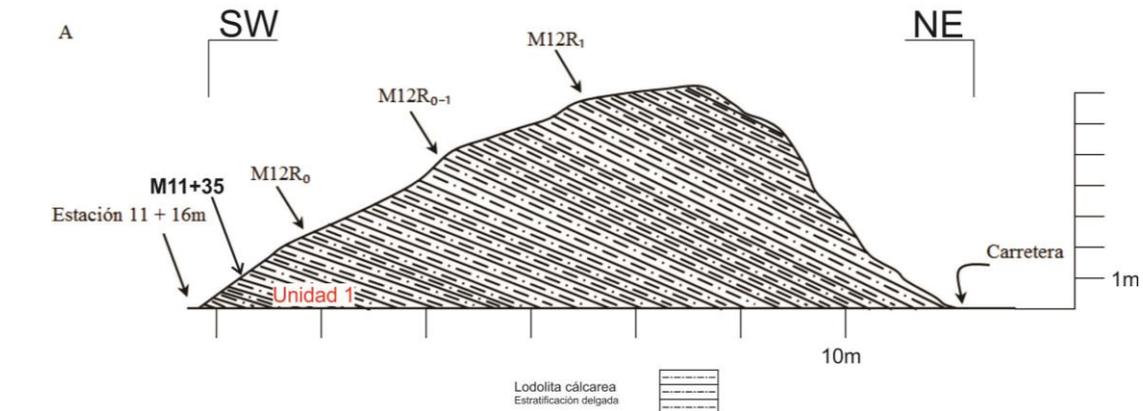


Figura 6. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 11+16 m hasta la estación 12+60 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 70 m y tiene una altura de 7 m, se ha podido observar debido a que forma parte de un desprendimiento en el talud actual por medio de la acción mecánica para la entrada a un rancho en proyecto. Se interpreta que hay continuidad en la sedimentación ya que se trata de un

paquete homogéneo de lodolita calcárea, la actitud de los estratos es ligeramente variable. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

De 150 a 162 m aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.08, 0.10 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. La muestra colectada para este sector es M12+150R₀ (**Lámina 1.C, Capítulo IV, columna I, Tabla I**). La actitud general de los estratos es **N288°, NE72°** (**Figuras 9 y 10**). De 162 a 300 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable lodolita calcárea). En la estación 12+150 m, al sur de la carretera, se localiza la brecha al rancho “Mi Fortaleza, Mesa del Nopal” (**Anexo I**).



Figura 7. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 11+16 m (punto en donde está el arbusto en la curva de la carretera) hasta 12+60 m (parte inferior izquierda de la foto, sobre la carretera), se observa el carácter deleznable de las lodolitas.

Estación 13–14: 1084–1234 m, visual: N108°, pendiente: -04°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable lodolita calcárea, **Tabla I**). En la estación 13+10 m se localiza el poste del km 19 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).



Figura 8. Fotografía de campo con orientación S-N, viendo al oeste, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 11 a 12, se observa el carácter deleznable de las lodolitas.

Estación 14–15: 1234–1318 m, visual: N078°, pendiente: -03°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable lodolita calcárea, **Tabla I**). De la estación 14 a la 15 cruza un pequeño arroyo (sin nombre). En la estación 14+42m se observa un puente en construcción (**Anexo I**).

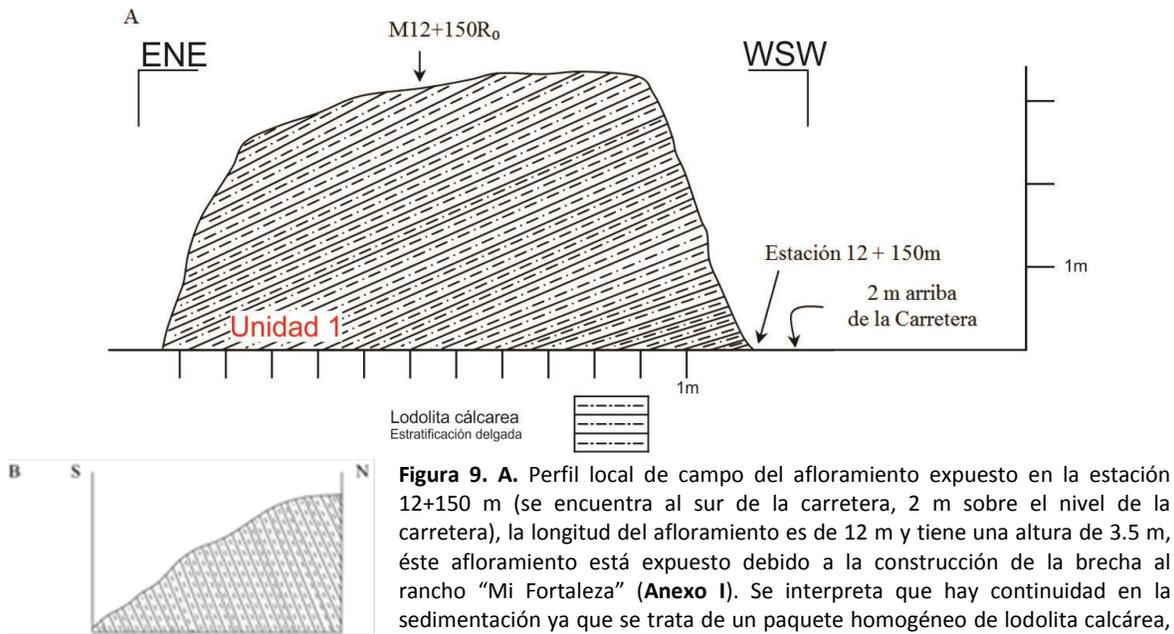


Figura 9. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 12+150 m (se encuentra al sur de la carretera, 2 m sobre el nivel de la carretera), la longitud del afloramiento es de 12 m y tiene una altura de 3.5 m, éste afloramiento está expuesto debido a la construcción de la brecha al rancho “Mi Fortaleza” (Anexo I). Se interpreta que hay continuidad en la sedimentación ya que se trata de un paquete homogéneo de lodolita calcárea, la actitud de los estratos es constante a lo largo del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 15–16: 1318–1436 m, visual: N102°, pendiente: 03°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable lodolita calcárea, **Tabla I**).



Figura 10. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento de la estación 12+150 m, se observa el carácter deleznable de las lodolitas debido a que presentan poca estabilidad.

Estación 16–17: 0–47 m, visual: N092°, pendiente: 02°

Este intervalo está formado de dos paquetes:

De 0 a 110 m se observa un paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.11 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N285°, NE70°**.

De 110 a 232 m aflora un paquete homogéneo constituido por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita), con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.10, 0.15 hasta 0.35 m (**Capítulo IV, columna I, Tabla I**), el color de este paquete es pardo claro a blancuzco, el color de este paquete es gris medio a oscuro en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca, la toba es de color verde claro tanto en superficie intemperizada como en superficie fresca, la actitud general de los estratos de este paquete es **N285°, NE48°**. La muestra colectada para este sector es M16+30 (**Lámina 1.D**). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 16+50 m, la brecha al rancho “Las Palomas”, y al sur de la carretera se localiza, en la estación 16+175 m, la brecha al rancho “El Chupadero” (**Anexo I**).

Estación 17–18: 0–47 m, visual: N055°, pendiente: 07°

Paquete homogéneo formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita), con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.12, 0.19 hasta 0.40m, el color de este paquete es gris medio a oscuro en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca, la toba es de color verde claro tanto en superficie intemperizada como en superficie fresca, la actitud general de los estratos de este paquete es **N285°, NE48°** (**Figura 11, Tabla I**). Las muestras colectadas para este sector son M17R_o, M17R_oT y M17+53 (**Figura 12, Lámina 2. A y B, Capítulo IV, columna I**).

Estación 18–19: 1755–1805 m, visual: N057°, pendiente: 05°

Paquete homogéneo constituido por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita), con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.11, 0.19 hasta 0.35 m, el color de este paquete es gris medio a oscuro en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca, la toba es de color verde claro tanto en superficie intemperizada como en superficie fresca, la actitud general de los estratos de este paquete es **N283°, NE35°** (**Figura 11, Tabla I**). La muestra colectada para este sector es M18+13 (**Figura 12**).

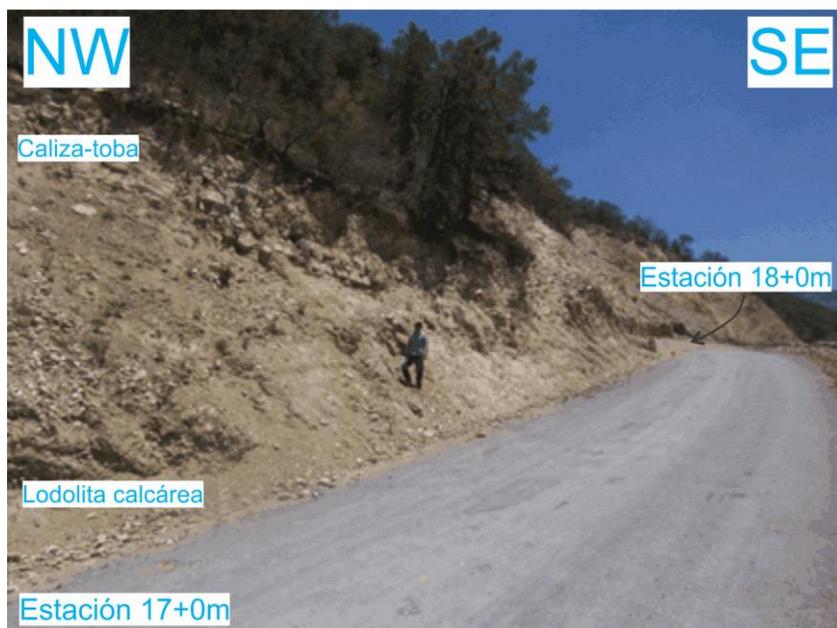


Figura 11. Fotografía de campo con orientación NW-SE, viendo al NE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 17 a 18. La parte superior está compuesta de una alternancia de caliza y toba, la parte inferior consiste de lodolita.

Estación 19–20: 1805–1912 m, visual: N083°, pendiente: -02°

Este intervalo está formado de dos paquetes: En la parte inferior aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.08, 0.12 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N284°, NE25°**. Esta unidad muestra una marcada deformación (**Figura 13**). En la parte superior aflora un paquete homogéneo formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita), con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.12, 0.15 hasta 0.35 m, el color de este paquete es gris medio a oscuro en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca, la toba es de color verde claro tanto en superficie intemperizada como en superficie fresca, la actitud general de los estratos de este paquete es **N284°, NE25°** (**Figura 12**). Las muestras colectadas para este sector son M19+10, M19+10R₀ y M19+42 (**Figura 12, Lámina 2. C y D**). En la estación 19+50 m se localiza una cañada orientada N150°, en 19+103 m se intersecta otra cañada orientada N120°, ambas cañadas corren al sur (**Figura 14, Tabla I y Anexo I**).

Estación 20–21: 1912–1999 m, visual: N042°, pendiente: -02°

Paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.11 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo

claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N250°, NW30°** (Tabla I). La muestra colectada para este sector es M20+20 (Figura 15).

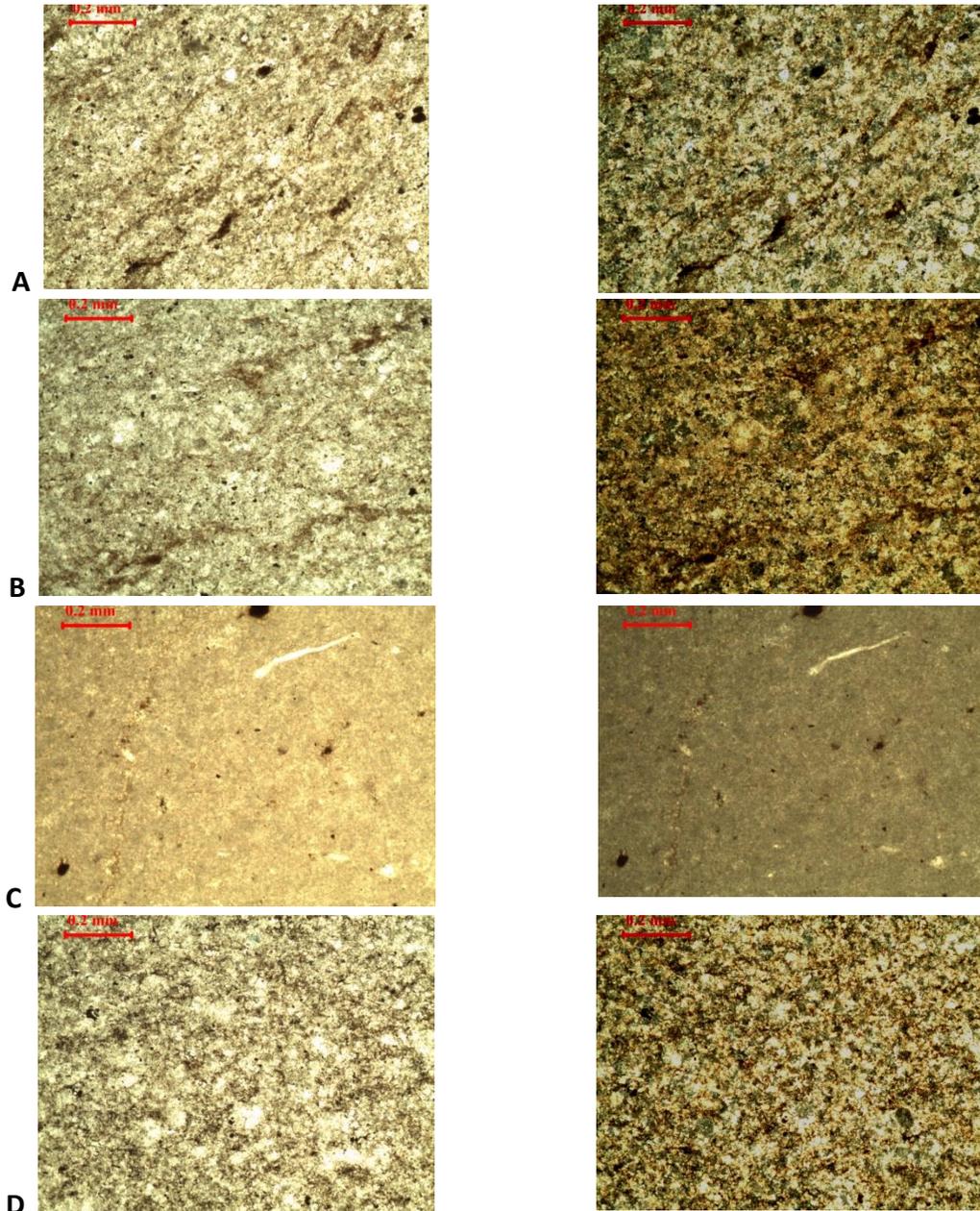


Lámina. 1. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M11+35 (10x), lodolita calcárea que muestra orientación de los componentes, y presencia de finos (arcilla) y materia orgánica. **B.** Muestra M12R₀₋₁ (10x), lodolita calcárea que muestra orientación de los componentes incluyendo arcilla y materia orgánica. **C.** Muestra M12+150R₀ (10x), en ésta muestra se muestra que el contenido calcáreo ha aumentado, resultando en una caliza (micrita) con poco contenido terrígeno. **D.** Muestra M16+30 (10x), lodolita calcárea que muestra poca orientación de los componentes y partículas finos (arcilla) y materia orgánica.

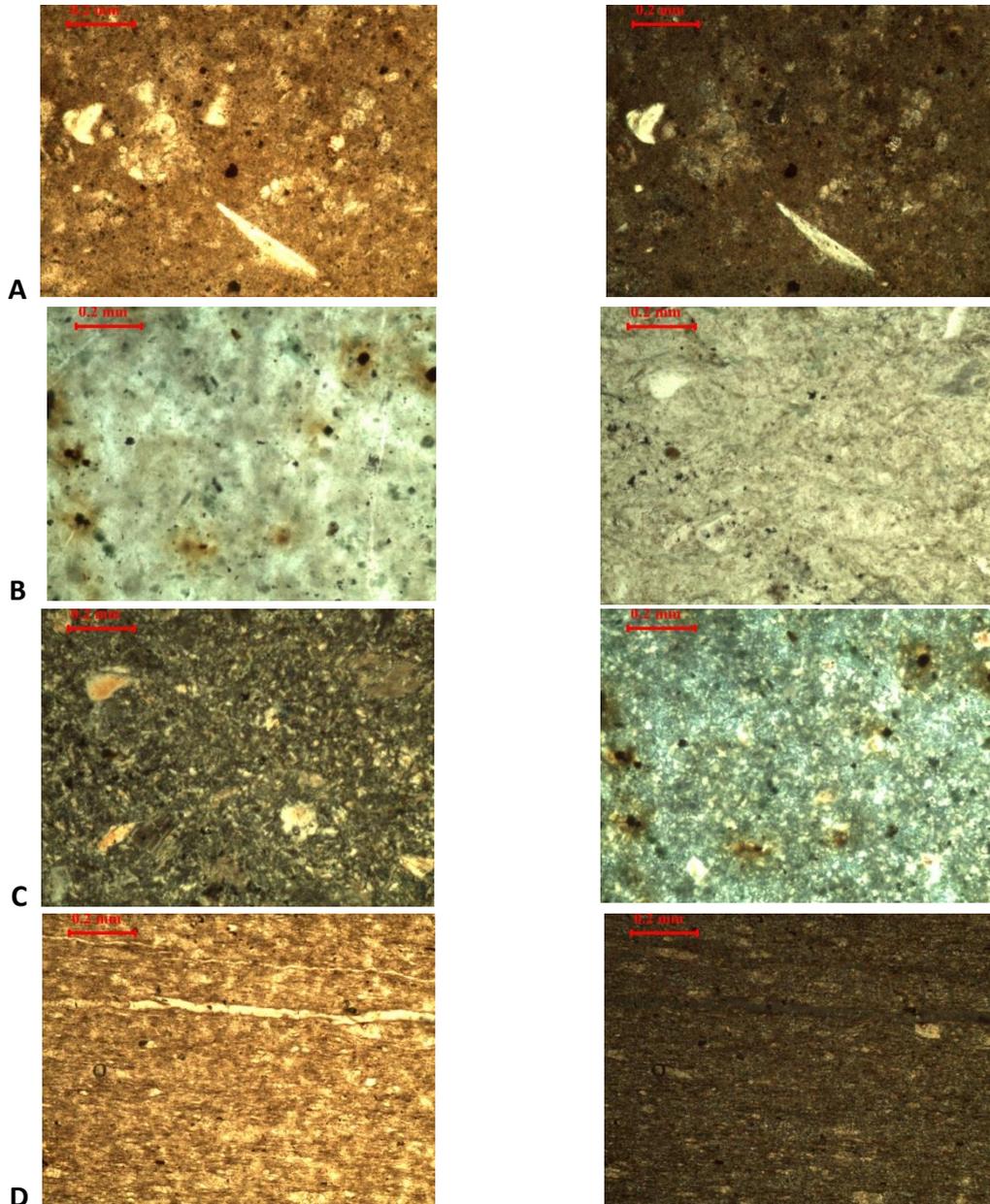


Lámina. 2. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M17R_o (10x), se trata del cambio gradual entre una lodolita calcárea y una caliza mudstone a wackestone con fragmentos de molusco. **B.** Muestra M17R_oT (10x), caliza mudstone a wackestone marcadamente arcillosa, lodolita calcárea. **C.** Muestra M19+10 (10x), lodolita calcárea fuertemente recrystalizada. **D.** Muestra M19+42 (10x), lodolita calcárea, muestra poca orientación de los componentes, con detritos finos (arcilla) y materia orgánica.

Estación 21–22: 1999–2423 m, visual: N087°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). En la estación 21+0 m se encuentra una cañada orientada N150° y en 21+170 m

se localizada una cañada N170°, ambas corren al sur. (**Anexo I**). En la estación 21+100 m se localiza el poste del km 18 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

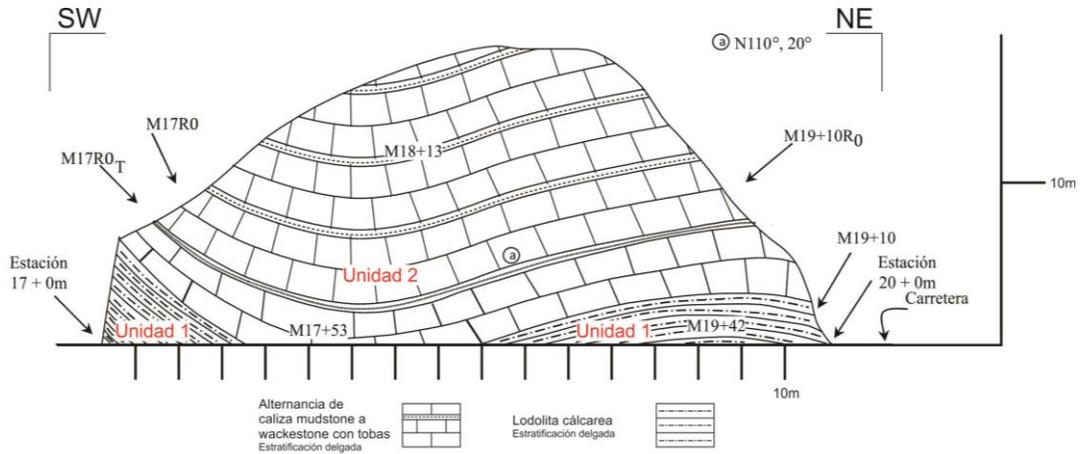


Figura 12. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 17+0 m hasta la estación 20+0 m, se encuentra al norte de la carretera, la longitud del afloramiento es de 170 m y tiene una altura de 20 m. Este afloramiento se ha podido observar debido a que está expuesto como resultado de la construcción de la actual carretera NL 192. Se observa un cambio litológico de lodolita calcárea en la parte inferior a un paquete constituido por una intercalación de calizas-mudstone a wackestone- y tobas, la actitud de los estratos es ligeramente variable dando lugar a una sinforma entre las estaciones 18+0 m y 19+0 m. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 22–23: 2423–2469 m, visual: N064°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**).



Figura 13. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 19 a 20. La parte superior está compuesta de una alternancia de caliza y toba, la parte inferior consiste de lodolita calcárea.

Estación 23–24: 2469–2729 m, visual: N088°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**).



Figura 14. Fotografía de campo con orientación S-N, viendo al oeste, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 20. La parte superior está compuesta de una alternancia de caliza y toba, la parte inferior consiste de lodolita calcárea.

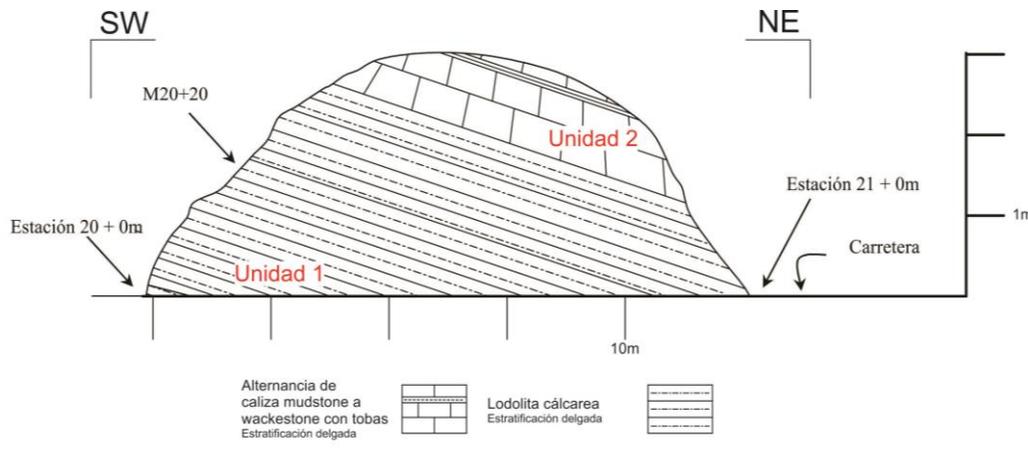


Figura 15. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 20+0 m hasta la estación 21+0 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 50 m y tiene una altura de 3 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. Se hace evidente un cambio en la sedimentación del paquete de lodolita calcárea al paquete constituido por la alternancia de calizas-mudstone a wackestone- y tobas, la actitud de los estratos es constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 24–25: 2729–2829 m, visual: N062°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 24+0 m, la brecha a los ranchos “El

Rodeo-1" y "La Gomita-1", al sur de la carretera se localiza, en la estación 24+20 m, la brecha al rancho "El Piolín", al norte de la carretera se localiza, en la estación 24+20 m, la brecha a la ranchería "La Jacinta" y al norte de la carretera se localiza, en la estación 24+40 m, un papalote extractor de agua (**Anexo I**).

Estación 25–26: 2829–3029 m, visual: N070°, pendiente: 02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). En la estación 25+190 m se localiza una cañada orientada N130°, corre al sur (**Anexo I**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 25+50 m, la brecha al rancho "Los Cedros" (**Anexo I**).

Estación 26–27: 3029–3213 m, visual: N052°, pendiente: 04°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 26+0 m, el rancho "Los Girasoles", al norte de la carretera se localiza, en la estación 26+100 m, un rancho en venta, asimismo se localiza el poste del km 17 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

Estación 27–28: 3213–3263 m, visual: N014°, pendiente: -03°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**).

Estación 28–29: 3263–3360 m, visual: N042°, pendiente: 04°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). En la estación 28+15 m se localiza una cañada orientada N122° (**Anexo I**)

Estación 29–30: 3360–3610 m, visual: N055°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**).

Estación 30–31: 3610–3985 m, visual: N074°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**).

Estación 31–32: 3985–4056 m, visual: N112°, pendiente: -07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). En la estación 31+30 m al sur de la carretera se localiza la brecha a la población de "Las Adjuntas" (**Anexo I**).

Estación 32–33: 4056–4123 m, visual: N167°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro (probable paquete de lodolita calcárea, **Tabla I**). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 32+50 m, la brecha al rancho “Las Mulas” (**Anexo I**).

Estación 33–34: 4123–4169 m, visual: N072°, pendiente: -02°

Paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N251°, 90°** (**Tabla I**). La muestra colectada para este sector es M33+15 (**Figura 16**). Este afloramiento se encuentra en el arroyo, al sur de la carretera. En la estación 33+0 m se localiza el poste del km 16 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

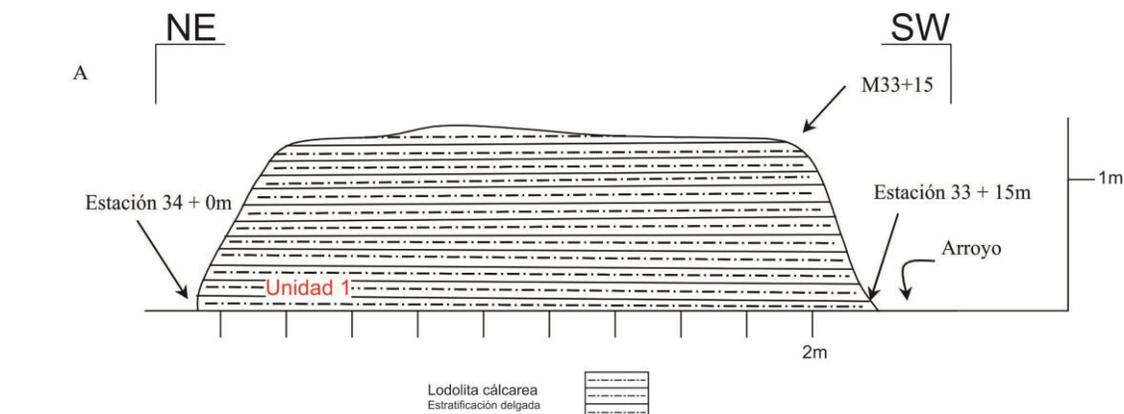


Figura 16. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 33+15 m hasta la estación 34+0 m (se encuentra al sur de la carretera al nivel del arroyo), la longitud del afloramiento es de 20 m y tiene una altura de 1.5 m, está expuesto de forma natural por medio del cauce del arroyo. Se interpreta que hay continuidad en la sedimentación ya que se trata de un paquete homogéneo de lodolita calcárea, la actitud de los estratos es constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 34–35: 4169–4257 m, visual: N032°, pendiente: -01°

En el intervalo de 0 a 62 m aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.08, 0.11 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N250°, 90°** (**Figuras 16 y 17**). Este afloramiento se encuentra en el arroyo, al sureste de la carretera. De 62 a 88 m está cubierto por un aluvión de clastos de caliza gris claro y lodolita calcárea (**Tabla I**).

Estación 35–36: 4257–4365 m, visual: N070°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por un aluvión de clastos de caliza gris claro y lodolita calcárea (**Tabla I**). En la estación 35+0 m se observa la presencia de un vado en el lecho del río (**Anexo I**).

Estación 36–37: 4365–4565 m, visual: N130°, pendiente: 0°

En el intervalo de 0 a 20 m se observa un paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida, el color de este paquete es gris oscuro en superficie intemperizada, y de color gris claro en superficie fresca (**Tabla I**). Parece ser que la base de este paquete tiene una orientación **N182°**, **NW10°**. La muestra colectada para este sector es M36+0 (**Lámina 3. A, Capítulo IV, columna II**). De 20 a 200 m está cubierto por aluvión.



Figura 17. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 33+15 m. Se muestra el paquete de lodolita calcárea, altamente deleznable, de la estación 33+15 m, la foto fue tomada en forma prácticamente vertical, es decir, viendo ligeramente al suelo.

Estación 37–38: 4565–4665 m, visual: N094°, pendiente: 01°

Intervalo cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas, **Tabla I**).

Estación 38–39: 4665–4788 m, visual: N065°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas, **Tabla I**). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 38+0 m, la escuela rural “Benito Juárez” (**Anexo I**).

Estación 39–40: 4788–5238 m, visual: N112°, pendiente: 01°

Intervalo cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas, **Tabla I**). En la estación 39+100 m se encuentra al sur de la carretera la “Iglesia Blanca”, en 39+325 m se

localiza el poste del km 15 de la carretera NL 192, en 39+375 m al norte de la carretera se observa el rancho “El Edén” de la Familia Reséndiz Roone (**Anexo I**).

Estación 40–41: 5238–5318 m, visual: N073°, pendiente: 02°

Intervalo cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas, **Tabla I**). En la estación 40+0 m comienza la población San José de las Adjuntas, asimismo al sur de la carretera se encuentra el estanquillo “La Minerva” (**Anexo I**).

Estación 41–42: 5318–5478 m, visual: N100°, pendiente: 0°

El intervalo de 0 a 100 m se encuentra cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas). De 100 a 120 m aflora un paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida, el color de este paquete es gris oscuro en superficie intemperizada, y de color gris claro en superficie fresca (**Tabla I**). Parece ser que la base de este paquete tiene una orientación **N184°, NW10°**. Este paquete tiene fracturas rellenas de calcita, tiene una orientación **N023°, SE85°** (**Figura 18**). La muestra colectada para este sector es M41+100 (**Lámina 3. B**). De 120 a 160 m se encuentra cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas).

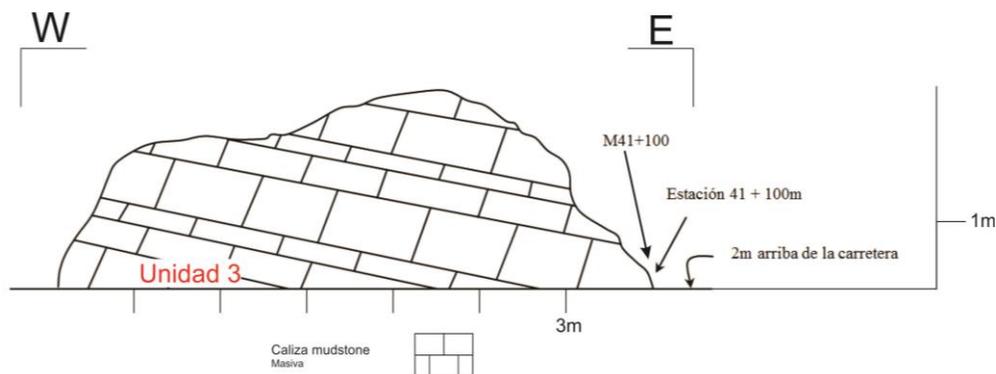


Figura 18. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 41+100 m (se encuentra al sur de la carretera 2 m sobre el nivel de la carretera), la longitud del afloramiento es de 20 m y tiene una altura de 3 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 42–43: 5478–5601 m, visual: N063°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas, **Tabla I**). En la estación 42+100 m se localiza al norte de la carretera la brecha al rancho “Los Pirules” (**Anexo I**).

Estación 43–44: 5601–5695 m, visual: N087°, pendiente: 0°

Intervalo de 0 a 69 m cubierto por aluvión (probable paquete de calizas masivas). De 69 a 94 m aflora un paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada,

paralela y continúa, el espesor de los estratos varia de 0.14, 0.20 hasta 0.30 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Tabla I**). La actitud general de los estratos es **N110°, SW62°** (**Figuras 19, 20 y 21**). Se observan fracturas rellenas de calcita, tienen orientación de **N217°, NW65°**. La muestra colectada para este sector es M43+69 (**Figura 22, Lámina 3. C, Capítulo IV, columna III**).



Figuras 19, 20 y 21. Afloramiento del paquete de caliza carbonosa, expuesto en el intervalo de las estaciones 43+69 m a 43+94 m. Este paquete es muy susceptible a la erosión. La fotografía 19 fue tomada con orientación E-W, viendo al sur. La fotografía 20 fue tomada con orientación SE-NW, viendo al SW. La fotografía 21 fue tomada con orientación SE-NW, viendo, ligeramente vertical, al SW.

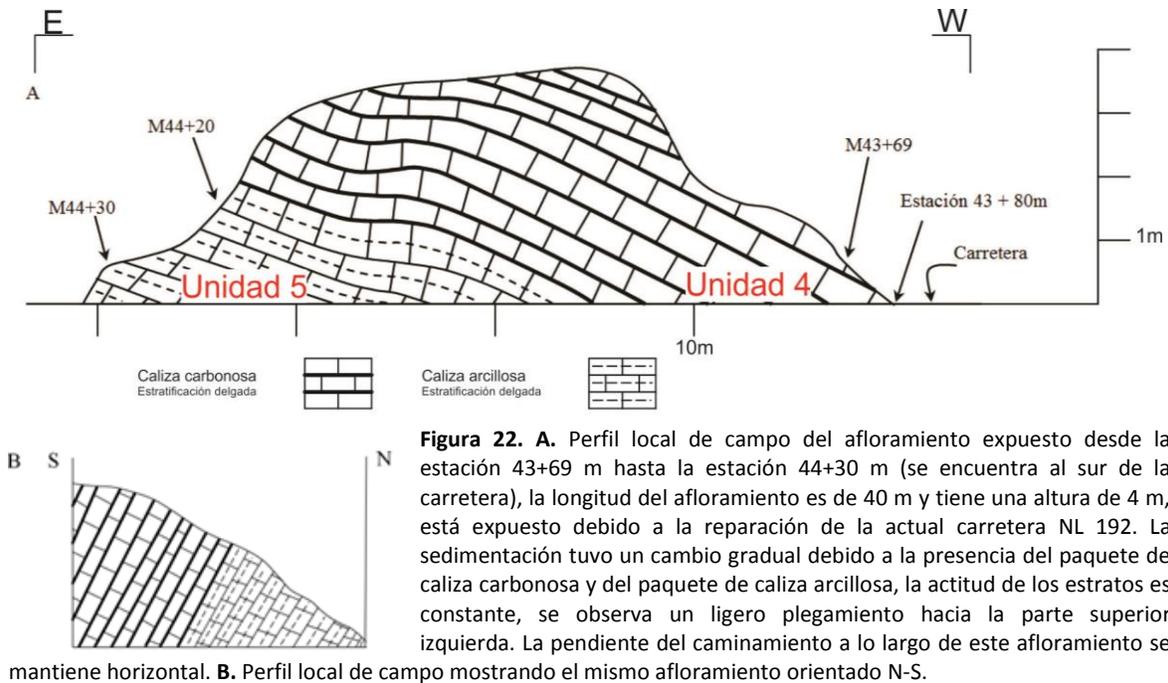
Estación 44–45: 5695–5895 m, visual: N098°, pendiente: 01°

En el intervalo de 0 a 30 m aflora un paquete homogéneo de caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.17, 0.24 hasta 0.33 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N110°, SW60°** (**Figura 23, y Tabla I**). Se observan fracturas rellenas de calcita, las cuales tienen una orientación de **N217°, NW65°**. Las muestras colectadas para este sector son M44+20 y M44+30 (**Figura 22, Lámina 3. D, Capítulo IV, columna III**). De 30 a 200 m es un intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable variación de caliza carbonosa y caliza arcillosa).

Al sur de la carretera se localiza, en la estación 44+140 m, la entrada a la “Iglesia de Dios, 7mo. Día” y al norte se localiza una mufla de luz (**Anexo I**).

Estación 45–46: 5895–5971 m, visual: N082°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable variación de caliza carbonosa y caliza arcillosa, **Tabla I**). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 45+20 m, la entrada a la Sociedad de Producción Rural del Cañón de San José de Boquillas, Santiago, NL, y en el norte se observa una mufla de luz (**Anexo I**).



Estación 46–47: 5971–6221 m, visual: N087°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable variación de caliza carbonosa y caliza arcillosa, **Tabla I**). En la estación 46+150 m se localiza el poste del km 14 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).



Figura 23. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 44+0 m a 44+30 m. Se muestra el paquete de caliza arcillosa, este paquete es ligeramente deleznable. La longitud del afloramiento es de 30 m.

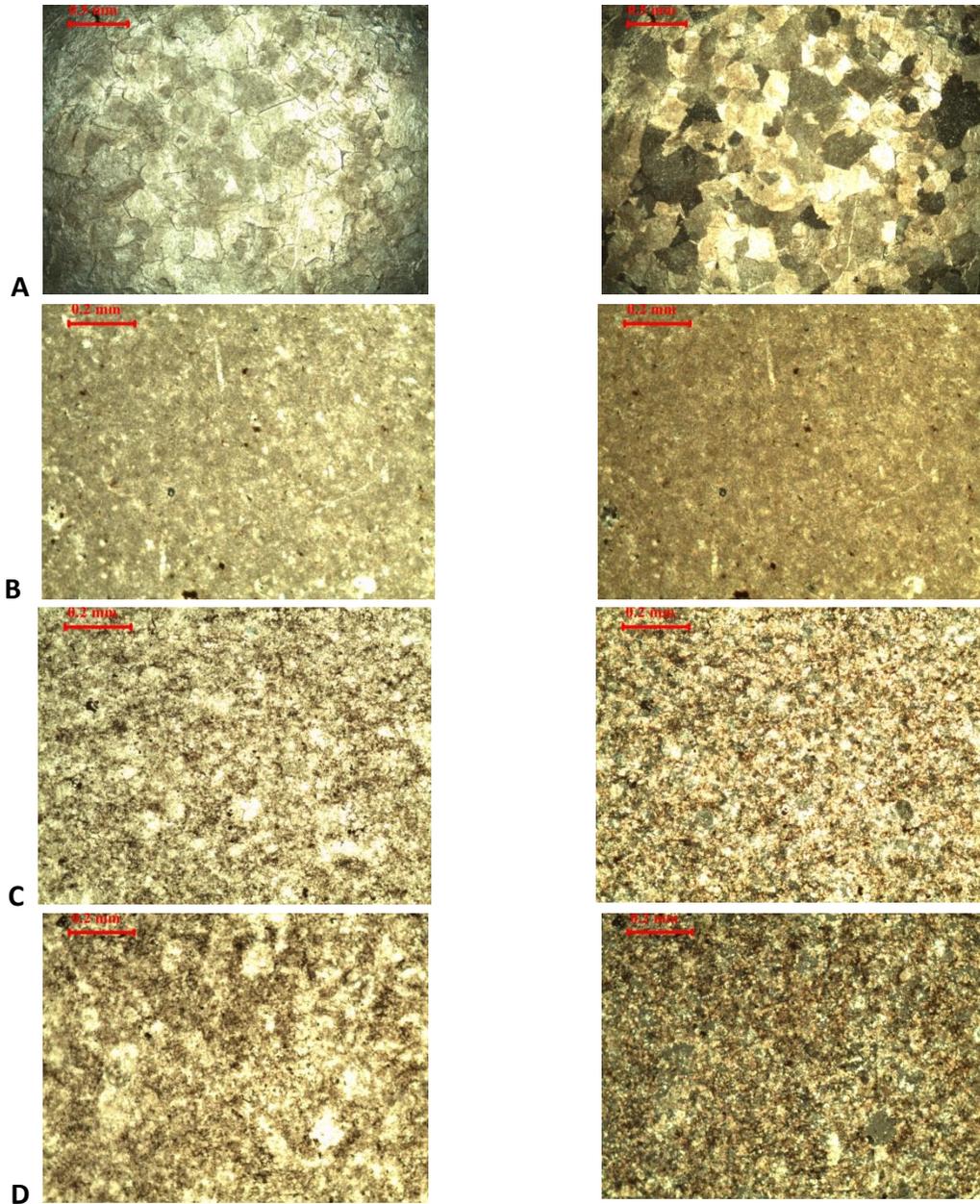


Lámina. 3. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M36+3 (4x), se trata de una caliza completamente recristalizada. **B.** Muestra M41+100 (10x), se trata de una caliza wackestone. **C.** Muestra M43+69 (10x), muestra la abundancia de materia orgánica carbonosa. **D.** Muestra M44+20 (10x), caliza arcillosa algo carbonosa pero con menor contenido que la muestra anterior.

Estación 47–48: 6221–6655 m, visual: N120°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable variación de caliza carbonosa y caliza arcillosa, **Tabla I**). Al sur de la estación 47+0 m se localiza el camino a la casa de Emeterio Ramírez, en 47+70 m se encuentra al sur del camino la brecha al puerto “Mojasen”, asimismo la brecha al rancho “La Lechuza”, en 47+300 m al sur se observa el rancho de Francisco Guerrero (**Anexo I**).

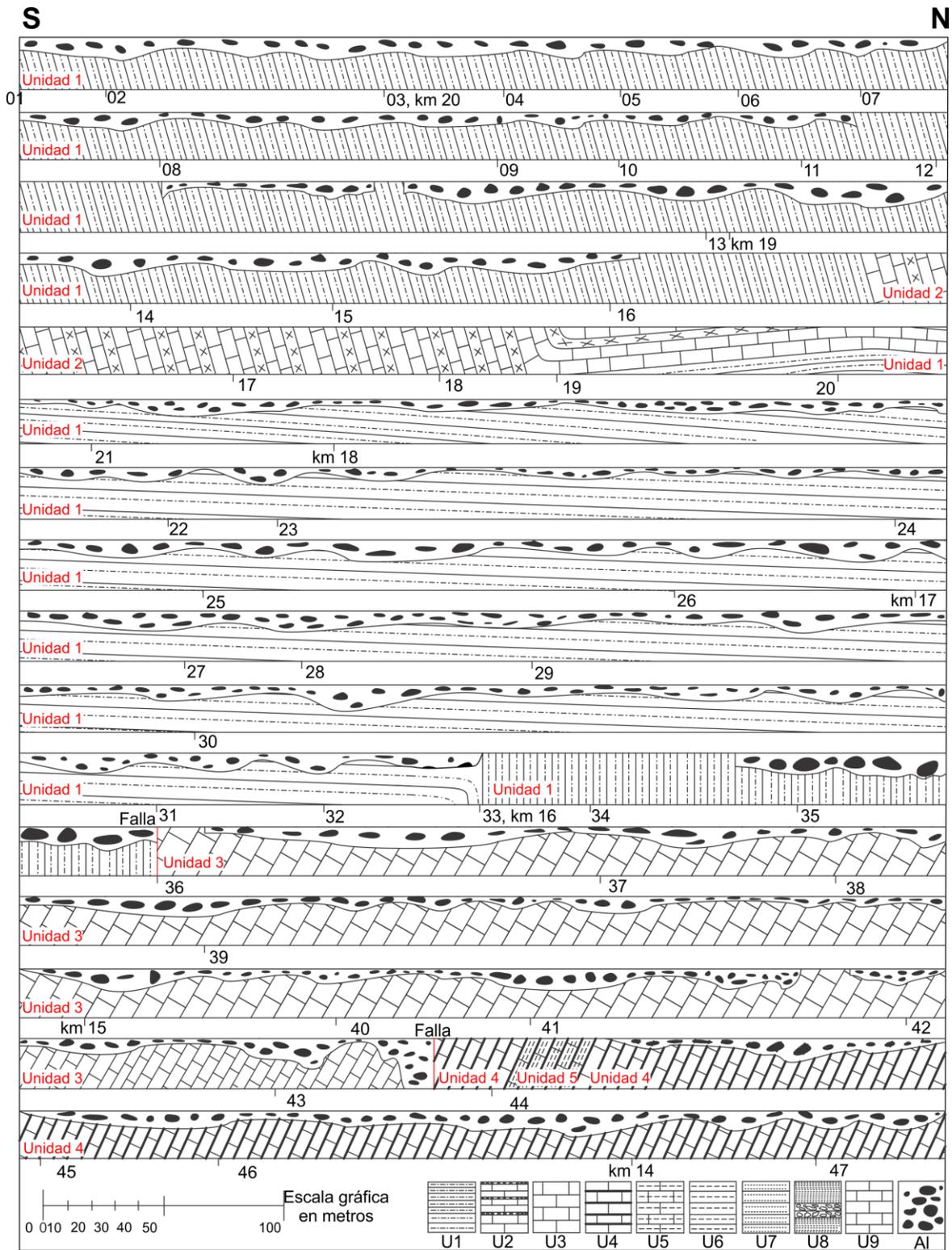


Tabla I. Perfil compuesto de los afloramientos expuestos en el intervalo comprendido por las estaciones 0+0 m y 47+50 m.

Estación 48–49: 6655–6777 m, visual: N080°, pendiente: 02°

Los intervalos de 0 a 10 m y de 22 a 122 m están cubiertos por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo. De 10 a 22 m aflora un paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Tabla II**). Se identifican dentro del paquete dos horizontes micáceos de lutita de color rosáceo concordantes con la estratificación. La actitud general de los estratos es **N100°, SW64°** (**Figura 24**). El paquete está fracturado con orientación **N180°, NW82°** y **N330°, NE62°**. La muestra colectada para este sector es M48+30 (**Figura 25, Lámina 4. A, Capítulo IV, columna III**).



Figura 24. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 48+100 m. Lutita de color rosáceo es altamente frías y fuertemente fracturado.

Estación 49–50: 6777–7104 m, visual: N102°, pendiente: 02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla II**). En la estación 49+0 m se localiza, a ambos lados (norte y sur) de la carretera, la casa de la Familia Ollervides, asimismo este intervalo coincide con un puente en construcción, al sur de la carretera se localiza, en la estación 49+250 m, la brecha a la casa de Emeterio Ayala, y también se localiza el poste del km 13 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

Estación 50–51: 7104–7254 m, visual: N124°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla II**).

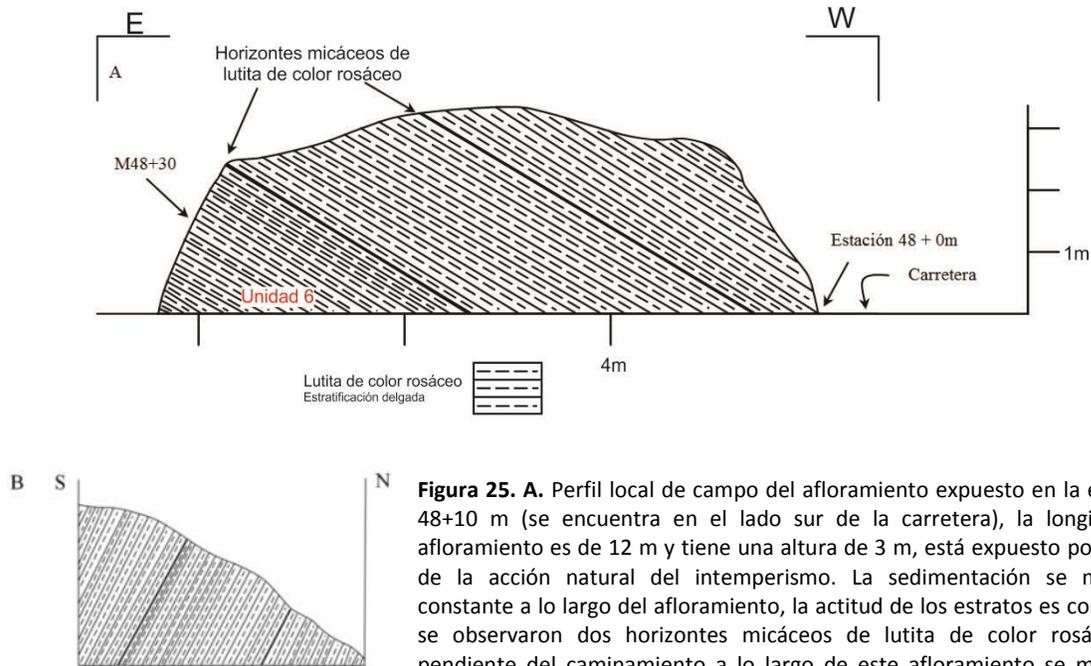


Figura 25. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 48+10 m (se encuentra en el lado sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 12 m y tiene una altura de 3 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación se mantuvo constante a lo largo del afloramiento, la actitud de los estratos es constante, se observaron dos horizontes micáceos de lutita de color rosáceo. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 51–52: 7254–7523 m, visual: N097°, pendiente: 02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla II**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 51+200 m, la casa de Jesús Saucedo, a ambos lados de la carretera se localiza, en la estación 51+230 m, el “Estanquillo Sánchez”, al norte de la carretera se localiza, en la estación 51+250 m, “Abarrotos Reyna” y al sur la escuela telesecundaria “Prof. Rafael Alanís Tamez” (**Anexo I**).

Estación 52–53: 7523–7601 m, visual: N180°, pendiente: -03°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla II**).

Estación 53–54: 7601–7705 m, visual: N059°, pendiente: 04°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla II**). En la estación 53+0 m se observa un puente, en 53+20 m se localiza una cañada orientada N030°, corre al norte (**Anexo I**).

Estación 54–55: 7705–7749 m, visual: N120°, pendiente: -01°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla II**).

Estación 55–56: 7749–7870 m, visual: N159°, pendiente: -05°

Los intervalos de 0 a 80 m y 100 a 121 m se encuentran cubiertos por aluvi3n de color pardo oscuro a pardo ros3ceo. De 80 a 100 m aflora un paquete de caliza carbonosa, con estratificaci3n delgada, paralela y continu3a, el espesor de los estratos varia de 0.07, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N102°, SW78°** (**Figura 26**). La muestra colectada para este sector es M55+90 (**Figura 27, L3mina 4. B, Cap3tulo IV, columna III**). En la estaci3n 55+110 m se localiza una ca3nada orientada N030° (**Anexo I**).



Figura 26. Fotograf3a de campo con orientaci3n SW-NE, viendo al NW, mostrando parte del afloramiento expuesto en la estaci3n 55+80 m. Las calizas son marcadamente carbonosas.

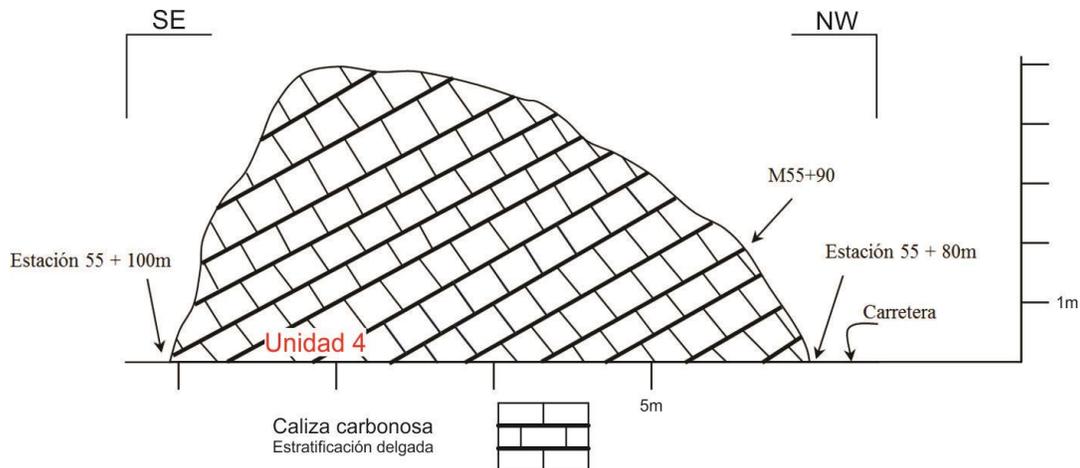


Figura 27. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estaci3n 55+80 m (se encuentra al suroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 20 m y tiene una altura de 5 m, est3 expuesto por medio de la acci3n natural del intemperismo. La sedimentaci3n se mantuvo constante a lo largo del afloramiento, la actitud de los estratos es constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento va disminuyendo. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 56–57: 7870–7986 m, visual: N027°, pendiente: 03°

Los intervalos de 0 a 20 m y 70 a 116 m se encuentran cubiertos por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo. De 20 a 70 afloran dos paquetes; el primero es un paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N103°, SW77°** (Tabla II). Las muestras colectadas para este sector son M56+30 y M56+40 (Figura 28, Lámina 4. C, Capítulo IV, columna III). El segundo paquete es homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N100°, SW40°** (Figura 29). El paquete está fracturado con orientación **N190°, NW80°** y **N330°, NE62°**. La muestra colectada para este sector es M56+70. (Figura 28, Lámina 4. D, Capítulo IV, columna III). Se muestra que este afloramiento se encuentra ligeramente plegado, al norte se observa que los echados de los estratos contienen una inclinación menor. El contacto entre los dos paquetes es discordante e irregular, la caliza carbonosa se encuentra en lentes dentro del paquete de lutita (Figura 28). En la estación 56+0 m se observa un puente (Anexo I).

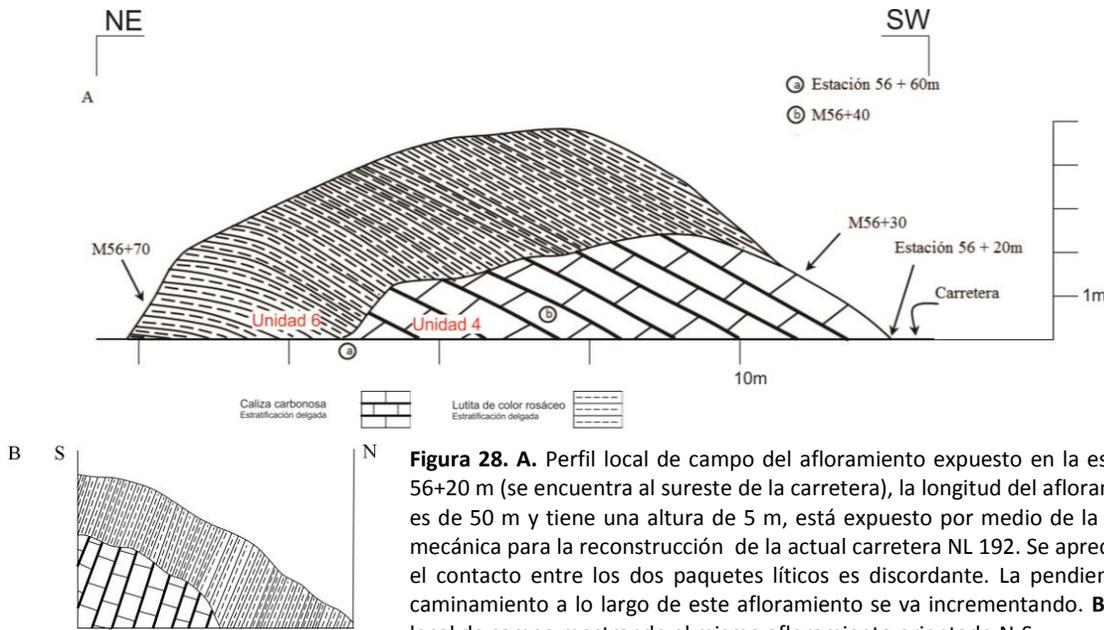


Figura 28. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 56+20 m (se encuentra al sureste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 50 m y tiene una altura de 5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. Se aprecia que el contacto entre los dos paquetes líticos es discordante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando. B. Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 57–58: 7986–8136 m, visual: N105°, pendiente: 0°

El intervalo de 0 a 100 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo. De 100 a 150 m aflora un paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con

estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.02, 0.04 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N103°, SW77°** (Figura 30, Tabla II). El paquete está fracturado con orientación **N187°, NW81°** y **N328°, NE62°**. La muestra colectada para este sector es M57+120 (Figura 31, Lámina 5. A, Capítulo IV, columna III). En la estación 57+40 m se localiza el poste del km 12 de la carretera NL 192, en 57+70 m al sur de la carretera se localiza la brecha al rancho “Los Pinos” (Anexo I).



Figura 29. Fotografía de campo con orientación NW-SE, viendo al NE, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 56+20 m. Se observa la caliza carbonosa en contacto discordante con la lutita de color rosáceo.

Estación 58–59: 8136–8460 m, visual: N095°, pendiente: -01°

El intervalo de 0 a 80 m aflora un paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N103°, SW77°** (Tabla II). El paquete está fracturado con orientación **N187°, NW81°** y **N328°, NE62°**. En este intervalo afloran estratos a rumbo (Figura 31). De 80 a 324 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo. En la estación 58+200 m se intersecta una cañada orientada N345°, corre al norte (Anexo I). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 58+50 m, la casa de Lamberto y María, y al sur de la carretera se localiza, en la estación 58+250 m, la casa de Bacilio Sánchez (Anexo I).

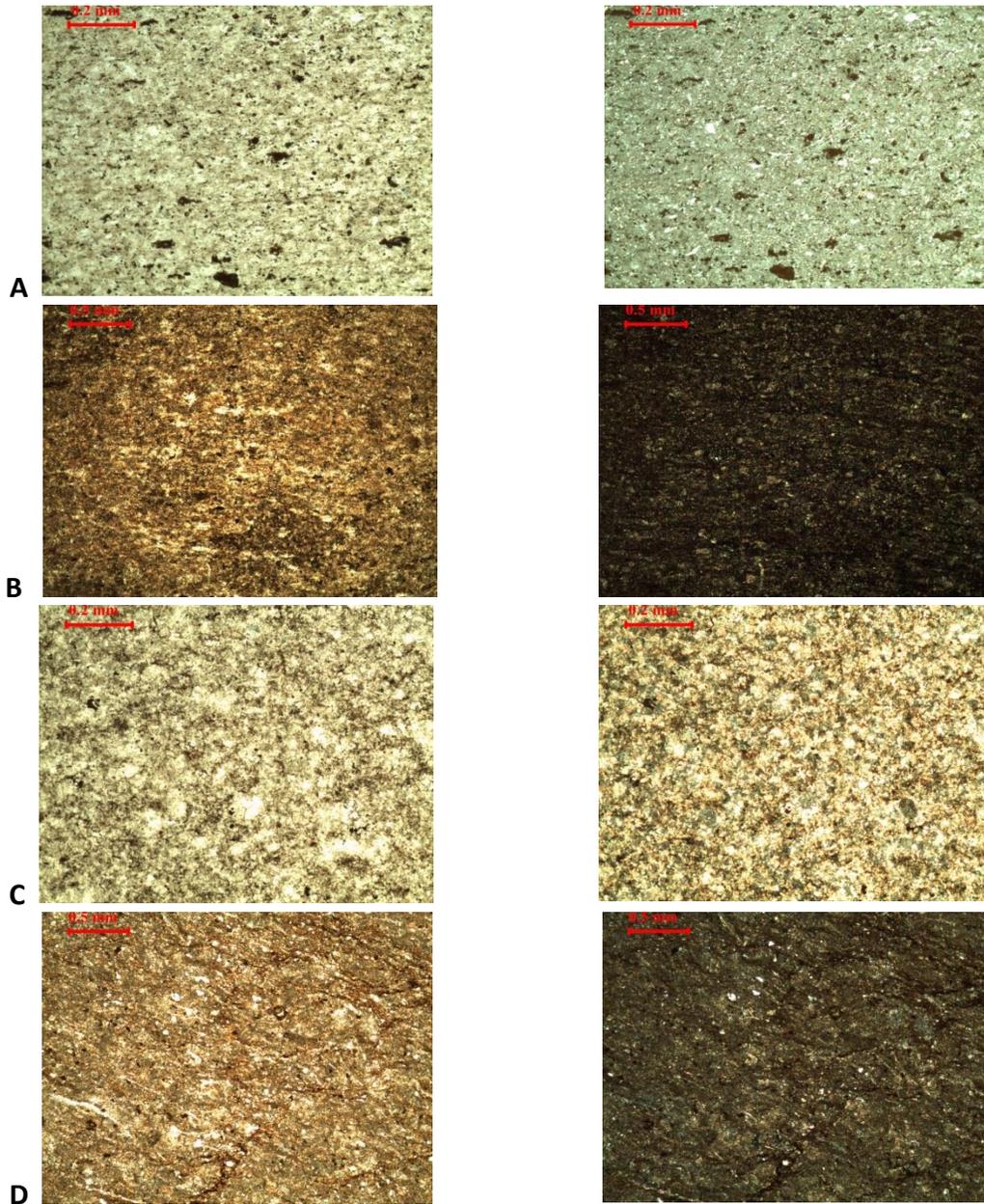


Lámina. 4. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M48+30 (10x), lutita de color rosáceo ligeramente carbonosa. **B.** Muestra M55+90 (4x), caliza carbonosa con cierto contenido de arcilla. **C.** Muestra M56+40 (10x), marcadamente carbonosa. **D.** Muestra M56+70 (4x), lutita de color rosáceo ligeramente carbonosa.

Estación 59–60: 8460–8510 m, visual: N125°, pendiente: -03°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro a pardo rosáceo (probable paquete homogéneo de lutita de color rosáceo (**Tabla II**)).



Figura 30. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando parte del afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 57+100 m a 57+150 m. La lutita de color rosáceo es muy delznable.

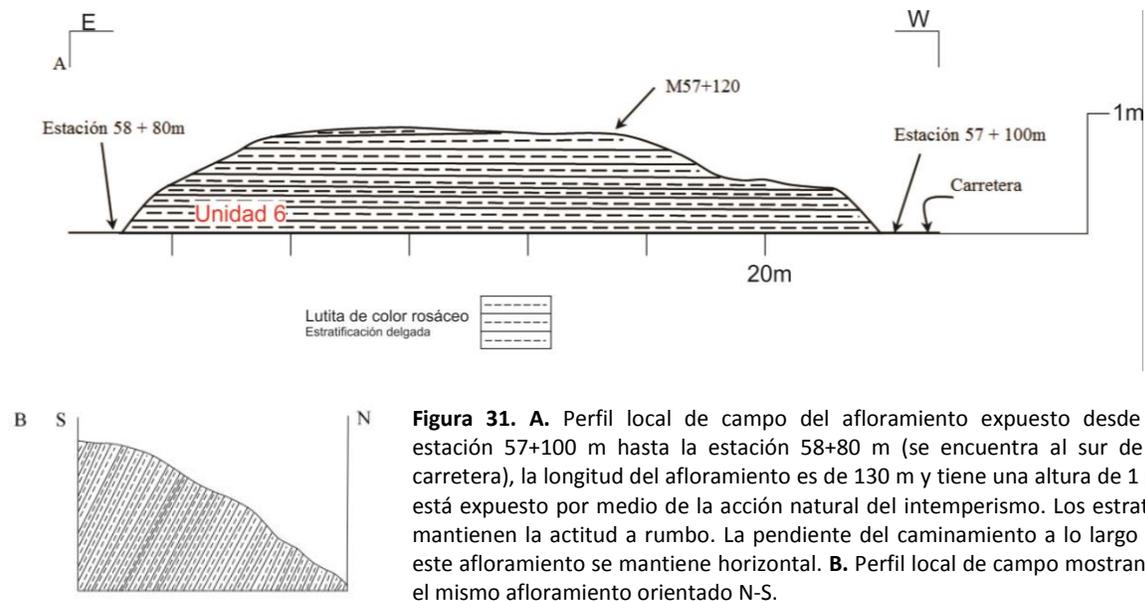


Figura 31. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 57+100 m hasta la estación 58+80 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 130 m y tiene una altura de 1 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. Los estratos mantienen la actitud a rumbo. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 60–61: 8510–8660 m, visual: N034°, pendiente: 04°

En este intervalo afloran 3 paquetes (**Tabla II**).

El primer paquete es homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varia de 0.07, 0.10 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N087°, SE73°** en la cima del paquete, y a la base se observa que los estratos tienen una actitud de **N080°, SE63°**, lo que indica que se observa

un ligero plegamiento del paquete. Las muestras colectadas para este sector son M61R₁ y M61R₃ (Figuras 32 y 33, Lámina 5. B, Capítulo IV, columna III).

El segundo paquete es homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N079°, SE63°**. La muestra colectada para este paquete es M61R₀ (Figuras 32 y 33, Lámina 5. C, Capítulo IV, columna III).

El tercer paquete es homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N080°, SE62°**. La muestra colectada de este paquete es M61R₂ (Figura 32). El paquete está fracturado con orientación **N190°, NW80°**. Este afloramiento está ligeramente plegado al sur, en el norte se observa que los echados de los estratos tienen una inclinación menor y más constante, el contacto entre los tres paquetes es concordante (Figuras 32 y 33, Lámina 5. D, Capítulo IV, columna III).

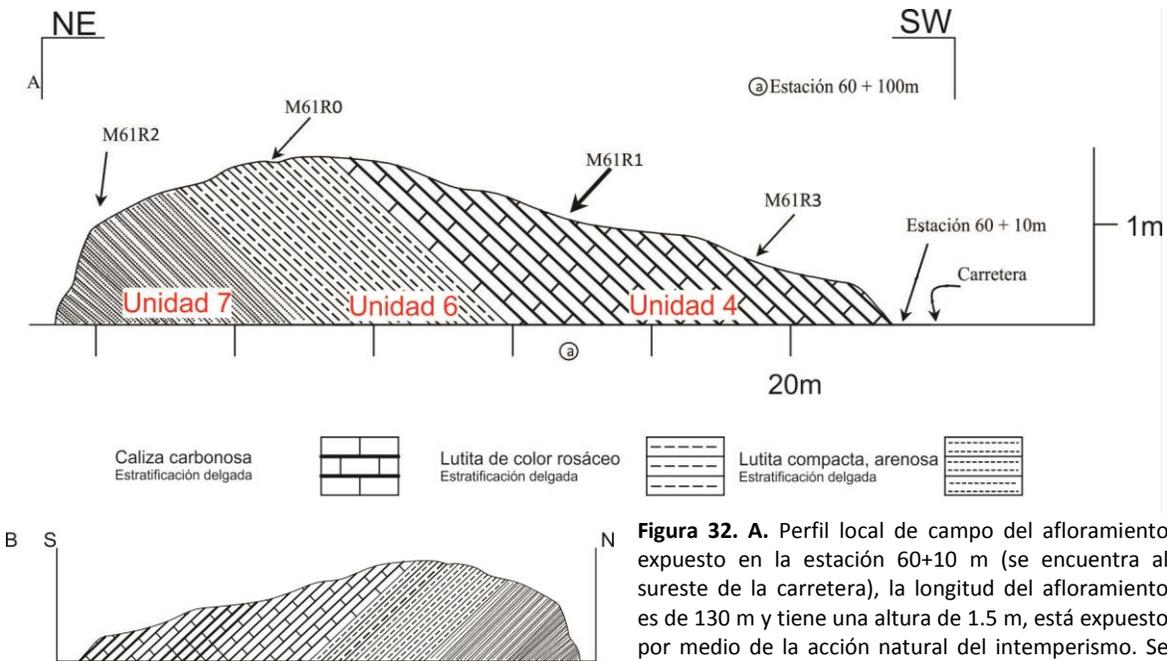


Figura 32. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 60+10 m (se encuentra al sureste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 130 m y tiene una altura de 1.5 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. Se observa un cambio gradual debido a que se observan

diferentes paquetes en contacto concordante; caliza carbonosa, lutita de color rosáceo y lutita compacta, arenosa, la actitud de los estratos es ligeramente variable, se observa un ligero plegamiento hacia la parte central del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando de sur a norte. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

En la Figura 33 se puede apreciar que el afloramiento es de una extensión considerable.

En la estación 60+0 m se localiza una cañada orientada N345°, corre al norte (**Anexo I**). Al sureste de la carretera se localiza, en la estación 60+100 m, la brecha a los ranchos “Las Flores”, “La Salamandra”, “Las Águilas” y “Azul Imposible” (**Anexo I**).

Estación 61–62: 8660–8710 m, visual: N052°, pendiente: 02°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.05, 0.09 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N092°, SW65°** (**Figuras 34 y 35**). El paquete está fracturado con orientación **N188°, NW79°**.

Estación 62–63: 8710–8831 m, visual: N108°, pendiente: 01°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.08 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N092°, SW65°** (**Figuras 34 y 35**). El paquete está fracturado con orientación **N188°, NW79°**. La muestra colectada de este paquete es M62+50 (**Figura34**).

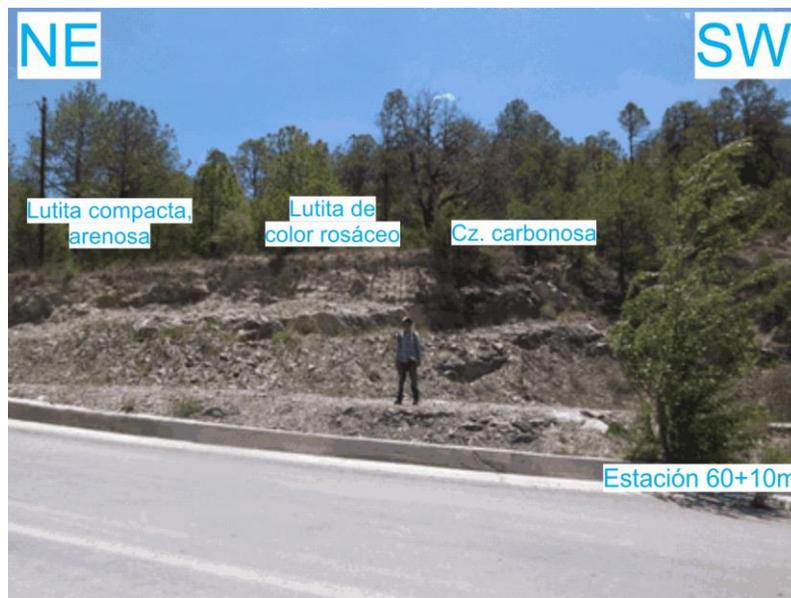


Figura 33. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 60+10 m. Se muestra parte del afloramiento de la estación 60+10 m. Se observa al SW la unidad de caliza carbonosa, en medio la unidad de lutita de color rosáceo y al NE la unidad de lutita compacta, arenosa.

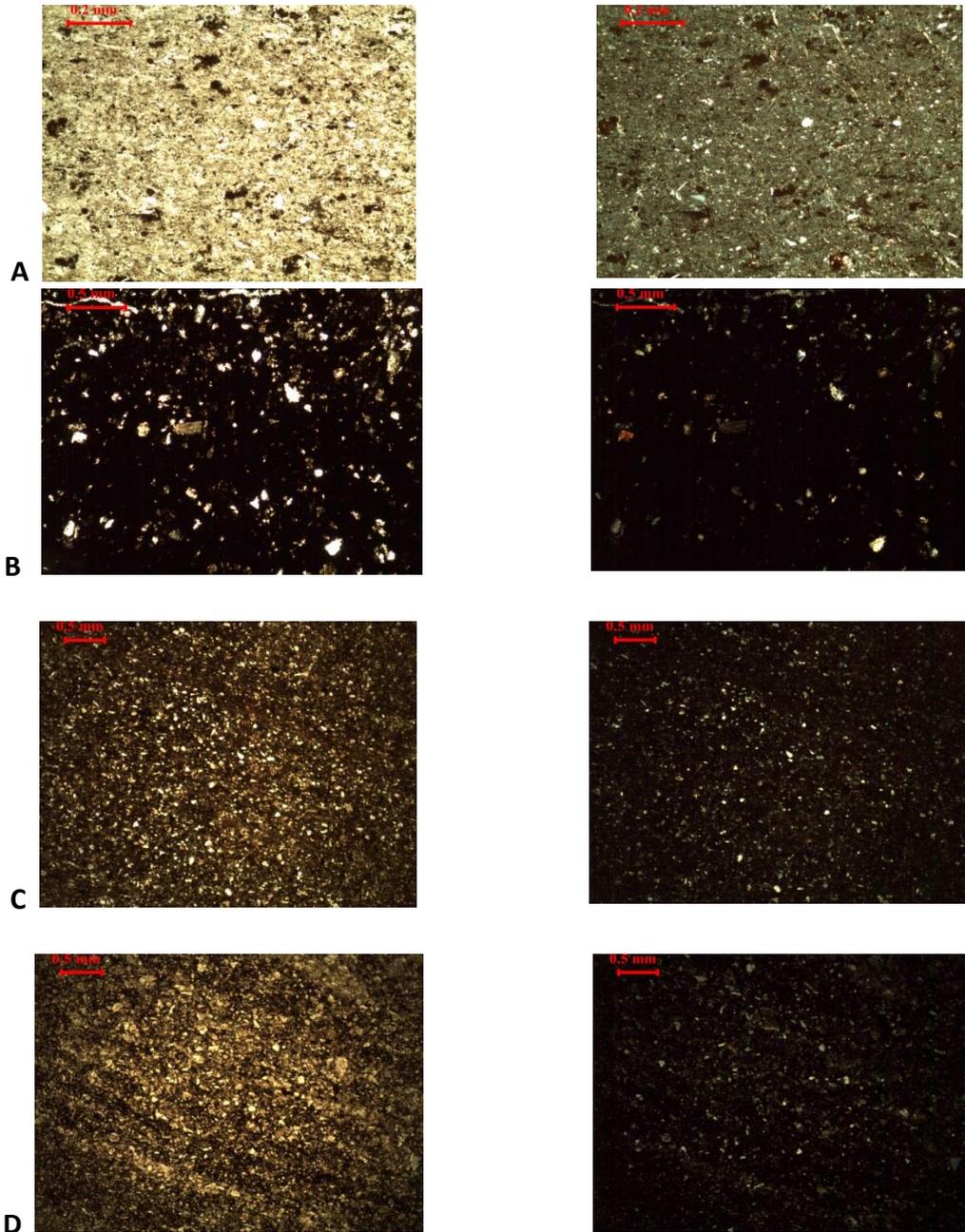


Lámina. 5. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M57+120 (10x), muestra de lutita de color rosáceo ligeramente carbonosa. **B.** Muestra M61R₁ (4x), caliza carbonosa con terrígenos. **C.** Muestra M61R₀ (2.5x), lodolita rosácea, con materia orgánica diseminada, los granos están ligeramente orientados (formando laminación). **D.** Muestra M61R₂ (2.5x), lutita compacta, arenosa y concentraciones de materia orgánica.

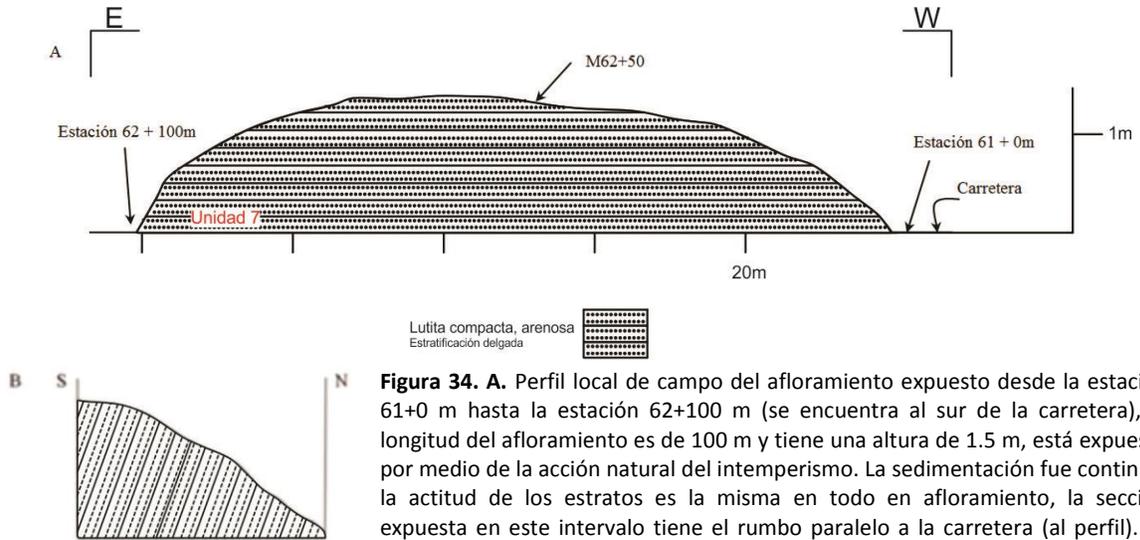


Figura 34. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 61+0 m hasta la estación 62+100 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 100 m y tiene una altura de 1.5 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos es la misma en todo el afloramiento, la sección expuesta en este intervalo tiene el rumbo paralelo a la carretera (al perfil). La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. B. Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S, perpendicular al rumbo.



Figura 35. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando parte del afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 62 a 63. Se observa que el afloramiento se incrementa en espesor de las capas al SE, estación 63.

Estación 63–64: 8831–8931 m, visual: N158°, pendiente: 03°

Este intervalo consiste de cuatro paquetes, de la base a la cima (**Tabla II**):

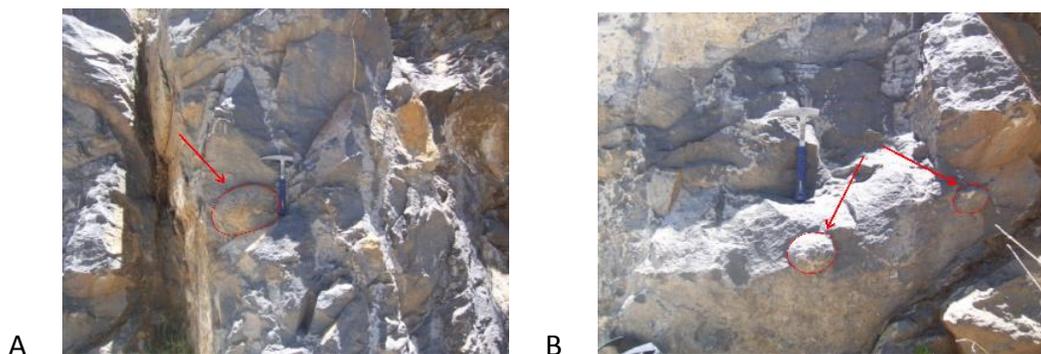
Paquete 1: De 0 a 40 m intervalo homogéneo de arenisca de grano medio, con estratificación de mediana, gruesa hasta masiva (**Figura 35**), el espesor de los estratos varía desde 0.30, 0.80 hasta 3 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color gris medio a oscuro en superficie fresca. Presenta algunos nódulos de arenisca (**Figuras 36. A y B**) los cuales varían en tamaño de 0.30 hasta 0.40 m, se observan tres horizontes conglomeráticos de diferentes tamaños, de 0.05, 0.20 hasta 0.40 m (**Figura 37**), los clastos que los componen son bien redondeados. La actitud general

de los estratos es **N098°, SW72°**. Las muestras colectadas de este paquete son M63R₀, M63R₁, M63F y M63F₁, M63R₂ y M63R₃, (**Figura 14, Lámina 6. A, B y C, Capítulo IV, columna IV**), la extensión de esta unidad es de 40 m (**Figura 38**).



Figura 35. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando la parte inicial del afloramiento expuesto en la estación 63. Se muestra el estrato masivo de arenisca de 2 m de espesor.

Paquete 2: De 40 a 60 m, intervalo homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.09 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 38**). La actitud general de los estratos es **N095°, SW86°**. La muestra colectada de este intervalo es M63R₄ (**Figura 39, Lámina 6. D, Capítulo IV, columna IV**).



Figuras 36. A. y B. Nótese los nódulos de arenisca (círculos y flechas rojas) dentro de la arenisca masiva de la base de la estación 63. Los nódulos tienen un diámetro mayor de 0.35 m. **A.** Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando un nódulo expuesto en la estación 63+2 m. **B.** Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando dos nódulos expuestos en la estación 63+0 m.



Figura 37. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 63+7 m. Se muestran los diferentes horizontes conglomeráticos que se encuentran en la arenisca masiva de la estación 63+7 m.

Paquete 3: De 60 a 80 m, intervalo homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figura 38**). La actitud general de los estratos es **N095°, SW86°**. La muestra colectada para este paquete es M63R₅ (**Figura 39, Lámina 7. A, Capítulo IV, columna IV**).

Paquete 4: De 80 a 100 m, intervalo homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 40**). La actitud general de los estratos es **N090°, SE72°**. Este paquete está localmente plegado. Las muestras colectadas para este sector son M63R₆, M63R₇ y M63R₈ (**Figura 39, Lámina 7. B, Capítulo IV, columna IV**).

Estación 64–65: 8931–9146 m, visual: N107°, pendiente: -04°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.08, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro a blanquizco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 41, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N090°, SE73°**. La muestra colectada de este intervalo es M64+60 (**Figura 42, Lámina 7. C, Capítulo IV, columna IV**).



Figura 38. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 63. Se muestran los tres primeros paquetes de la estación 63: hacia le NW el paquete de arenisca masiva; y, por último, al SE se encuentra la lutita de color rosáceo.

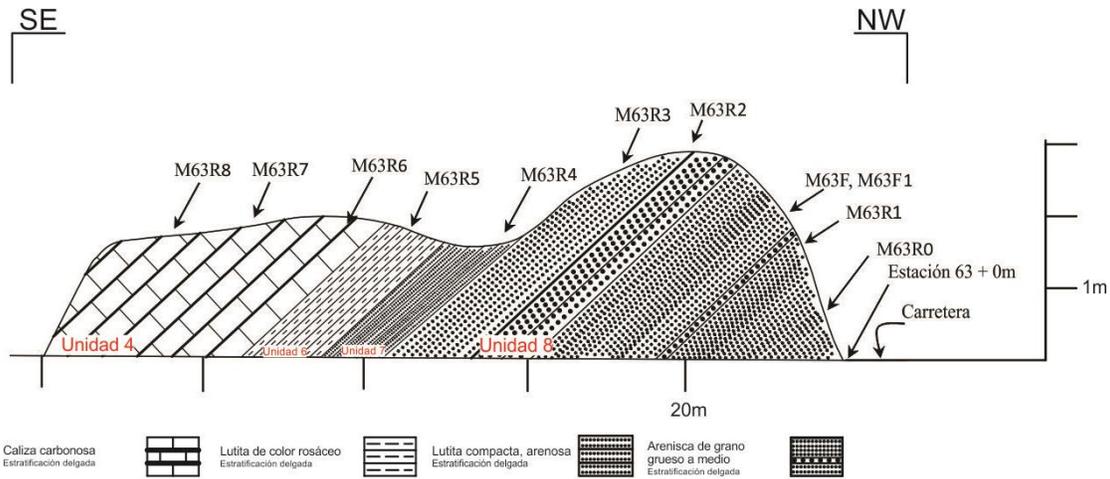


Figura 39. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 63+0 m hasta la estación 64+0 m (se encuentra al oeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 100 m y tiene una altura de 6m en el norte y 3 m en el sur, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue variable ya que afloran 4 paquetes sedimentarios de norte a sur; arenisca de grano medio, lutita compacta, arenosa, lutita de color rosáceo y caliza carbonosa, la actitud de los estratos es ligeramente variable a través del afloramiento teniéndose una máxima inclinación en la parte central. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento va incrementándose de norte a sur. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 65–66: 9146–9296 m, visual: N143°, pendiente: -03°

El intervalo de 0 a 55 m aflora un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 41, Tabla II**). La actitud

general de los estratos es **N095°, SW83° (Figura 42)**. De 55 a 150m intervalo cubierto por aluvión de color blancuzco (probable paquete de lutita compacta, arenosa).



Figura 40. Fotografía de campo con orientación SSE-NNW, viendo al SW, mostrando la segunda mitad del afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 63 a 64. Se muestra, al NNW, se observa la caliza carbonosa. Se puede observar que el afloramiento es de gran longitud. El contacto entre los 4 paquetes líticos de la estación 63 es concordante (**Figura 39**).



Figura 41. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 64 a 65. Se puede observar que el camino y el rumbo del paquete de lutita compacta, arenosa -es decir, la orientación de éstos dos elementos- mantienen ligeramente la misma dirección, el rumbo de los estratos es paralelo al camino (**Figura 42**).

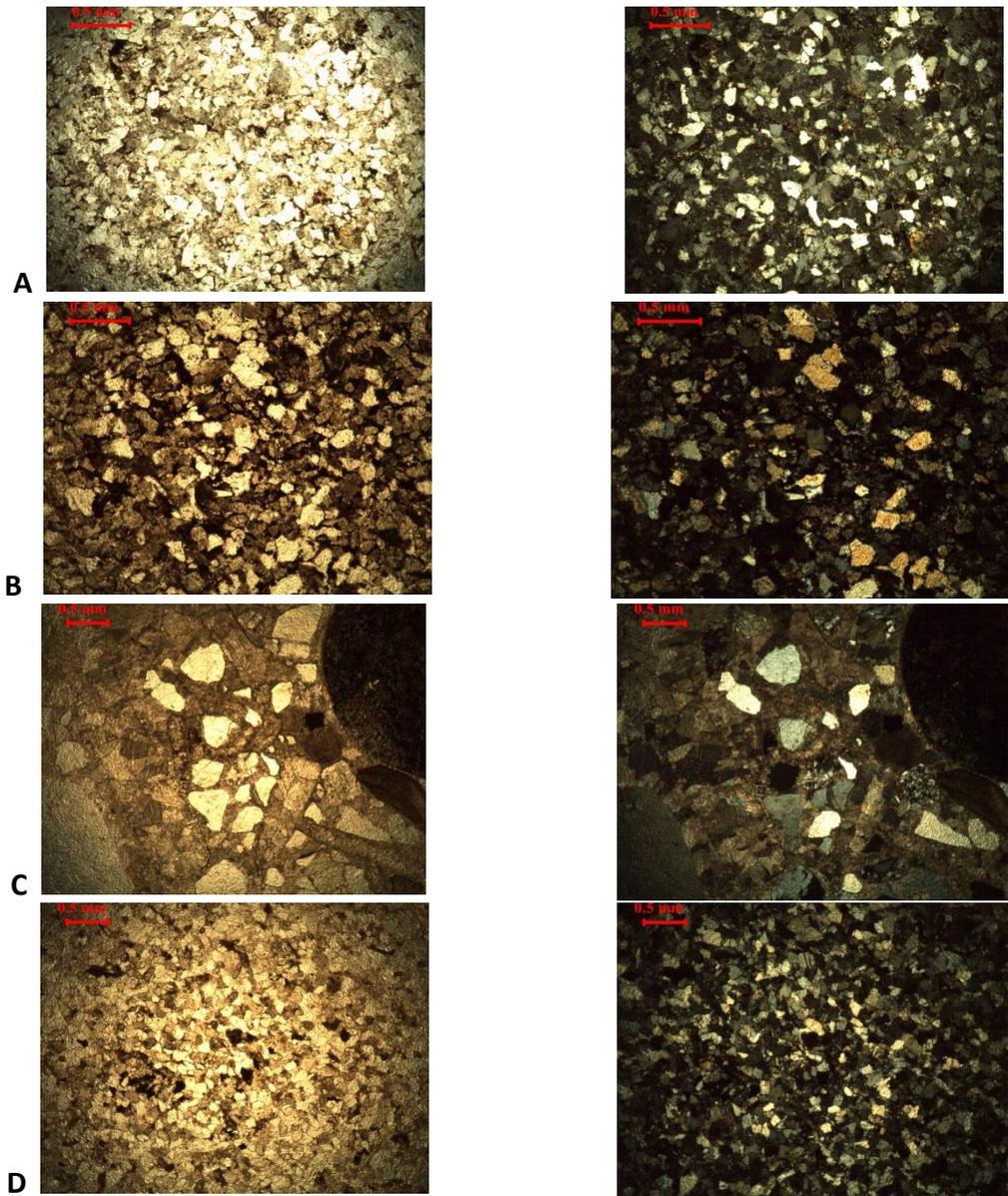


Lámina. 6. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M63R₀ (4x), arenisca de cuarzo de grano medio, 70% de cuarzo, asimismo: 20% son feldespatos y 10% corresponde a fragmentos de roca. **B.** Muestra M63R₁ (4x), arenisca de grano medio, en la cual se nota un aumento de la cantidad de materia orgánica. **C.** Muestra M63R₂ (2.5x), arenisca de grano medio. **D.** Muestra M63R₄ (2.5x), lutita compacta, arenosa, orientación y rica en materia orgánica.

Estación 66–67: 9296–9346 m, visual: N094°, pendiente: 01°

Intervalo cubierto por aluvión de color blancuzco (probable paquete de lutita compacta, arenosa, **Tabla II**). En la estación 66+23 m se localiza una cañada que corre al norte (**Anexo I**). En la estación 66+0 m se localiza, al sur, la brecha al rancho “El Ediondo”, en 66+20 m se observa un puente (**Anexo I**).

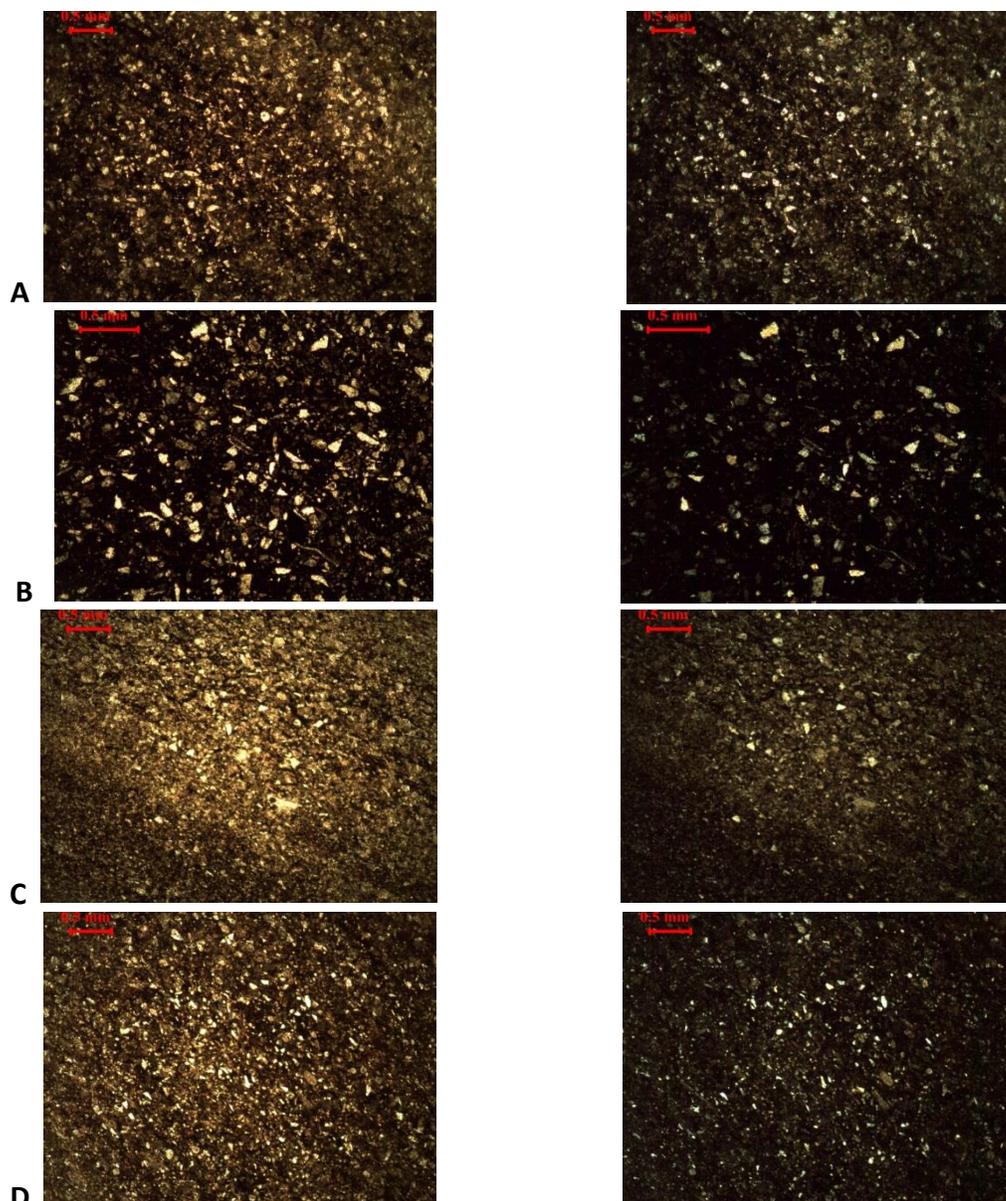


Lámina. 7. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M63R₅ (2.5x), muestra de arenisca de grano medio a fino, la cual marca el cambio gradual de las muestras de lutita compacta, arenosa a las muestras de lutita de color rosáceo. **B.** Muestra M63R₈ (4x), arenisca de grano fino, en la cual ha aumentado la cantidad de materia orgánica, dando una apariencia, en muestra de mano, de ser una caliza carbonosa. **C.** Muestra M64+60 (2.5x), lutita compacta, arenosa el contenido de materia orgánica es alto. **D.** Muestra M67R₀ (2.5x), lutita compacta, arenosa con poca orientación y rica en materia orgánica.

Estación 67–68: 9346–9479 m, visual: N005°, pendiente: 07°

El intervalo de 0 a 30 m se encuentra cubierto por aluvión de color blanzusco (probable paquete de lutita compacta, arenosa, **Tabla II**). De 30 a 133 m aflora un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blanzusco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie

fresca (**Figura 43**). La actitud de los estratos es variable, se observa de sur a norte: **N087°, SE83°; N090°, SE80°; N100°, SW70°; N082°, SE70°; N100°, SW80°; y N090°, SE88°**, lo cual indica que existe un plegamiento local intenso para este paquete. Las muestras colectadas para este sector son M67R₀, M67R₁, M67R₂, M67R₃, M67R₄, M67R₅, M67R₆, M67R₇ y M67R₈ (**Figura 44, Lámina 7. D, Lámina 8. A, Capítulo IV, columna V**).

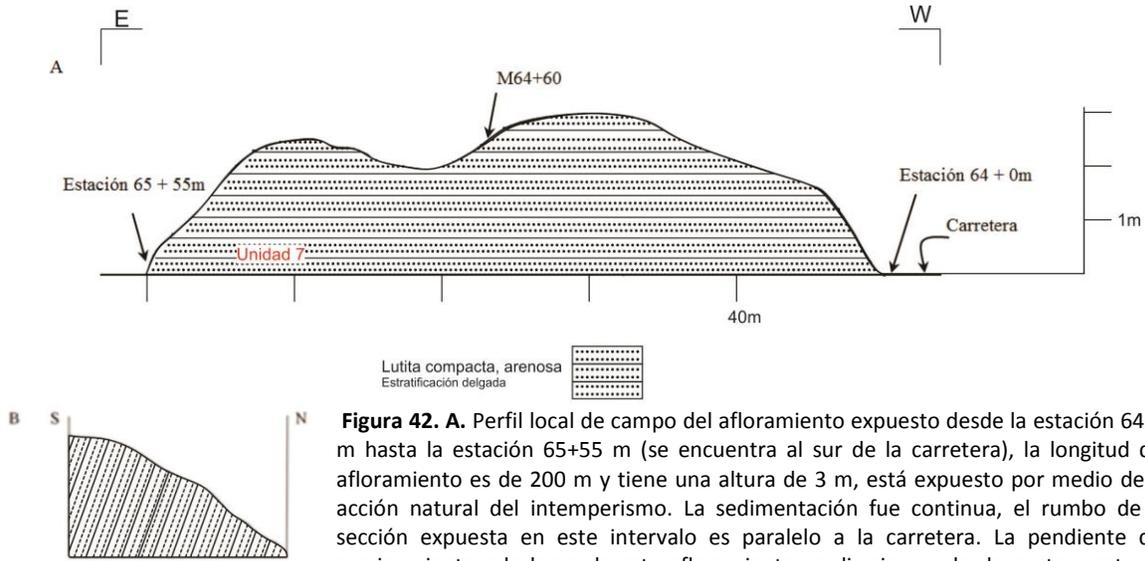


Figura 42. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 64+0 m hasta la estación 65+55 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 200 m y tiene una altura de 3 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, el rumbo de la sección expuesta en este intervalo es paralelo a la carretera. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento va disminuyendo de oeste a este. **B.**

Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 43. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 67 a 68. El afloramiento es de gran extensión (140 m) y de altura de exposición limitada (2.5 m). De igual forma se muestra el color pardo claro a blanzucos característico de la lutita compacta, arenosa.

Estación 68–69: 9479–9529 m, visual: N063°, pendiente: 07°

Paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varia de 0.07, 0.10 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Tabla II**).

La actitud general de los estratos es **N100°, SW80°** (Figura 45). La muestra colectada para este sector es M67R₉ (Figura 44, Lámina 8. B, Capítulo IV, columna V).

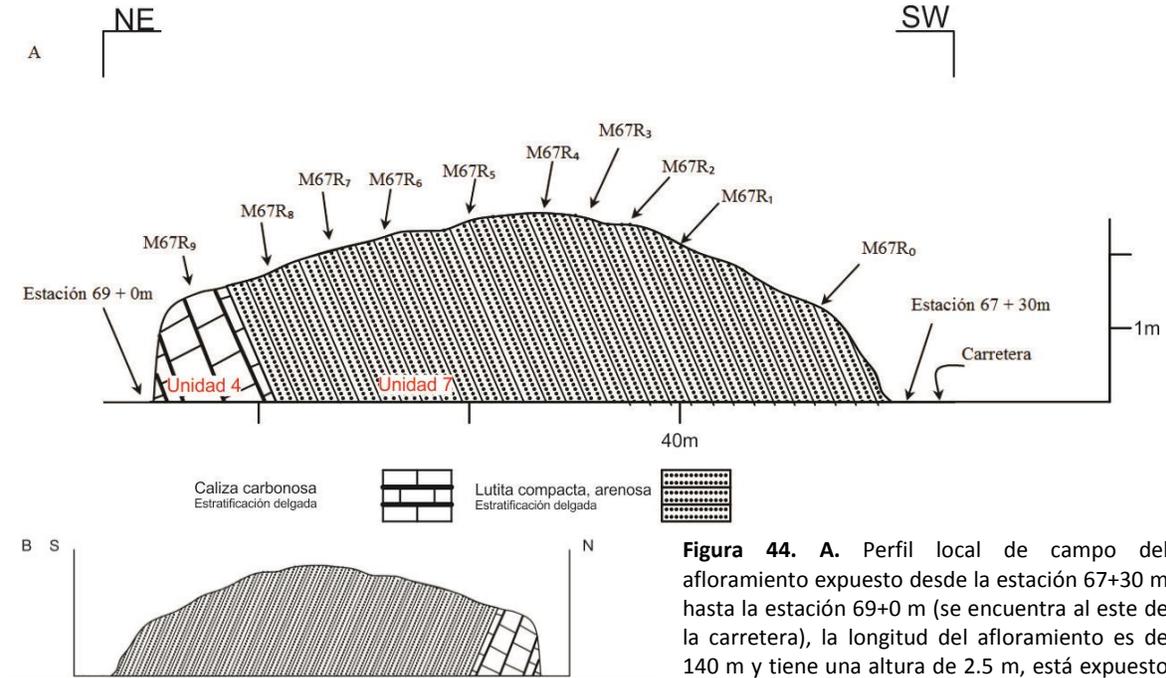


Figura 44. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 67+30 m hasta la estación 69+0 m (se encuentra al este de la carretera), la longitud del afloramiento es de 140 m y tiene una altura de 2.5 m, está expuesto

por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación no fue continua, tuvo un cambio gradual debido a que se observan diferentes paquetes en contacto, de abajo a arriba: lutita compacta, arenosa y caliza carbonosa, se observa un ligero plegamiento hacia la parte central del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando de sur a norte. B. Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

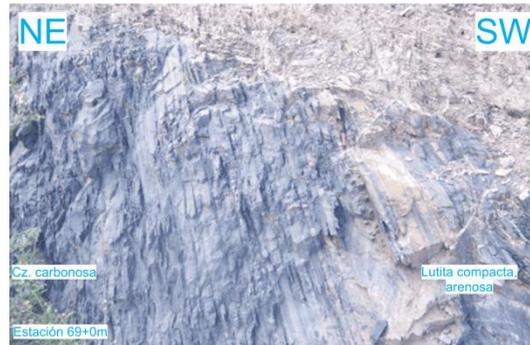


Figura 45. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, ligeramente vertical, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 69+0m. Los estratos tienen un echado de SW80°. Nótese el cambio gradual entre la lutita compacta, arenosa y caliza carbonosa.

Estación 69–70: 9529–9752 m, visual: N135°, pendiente: 03°

Los intervalos de 0 a 120 m y de 135 a 223 m se encuentran cubiertos por aluvión blancuzco (probable paquete de lutita compacta, arenosa). En el intervalo de 120 a 135 m aflora un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.13 m, el color de

este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 46, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N095°, SW75°**. La muestra colectada para este sector es M69+130 (**Figura 47, Lámina 8. C, Capítulo IV, columna V**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 69+0 m, el rancho “Montesión”, también se localiza el poste del km 11 de la carretera NL 192, al sur de la carretera se localiza, en la estación 69+100 m, la brecha al rancho “El Terrero”, al norte de la carretera se localiza, en la estación 69+120 m, la casa de Mario Siller (**Anexo I**).



Figura 46. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento de lutita compacta, arenosa de color pardo oscuro a negro en superficie fresca, expuesto en el intervalo de la estación 69+120 m a 69+135 m (**Figura 47**).

Estación 70–71: 9752–9902 m, visual: N097°, pendiente: 0°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N083°, SE77°**. La muestra colectada para este sector es M70+100 (**Figura 48, Lámina 8. D, Capítulo IV, columna V**).

Estación 71–72: 9902–10002 m, visual: N068°, pendiente: 05°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.11 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N082°, SE75°**. Las muestras colectadas para este sector son M71+40 y M71+80 (**Figura 48, Lámina 9. A, Capítulo IV, columna V**). Este intervalo está fuertemente tectonizado, contiene fracturas orientadas **N178°, SW68°**.

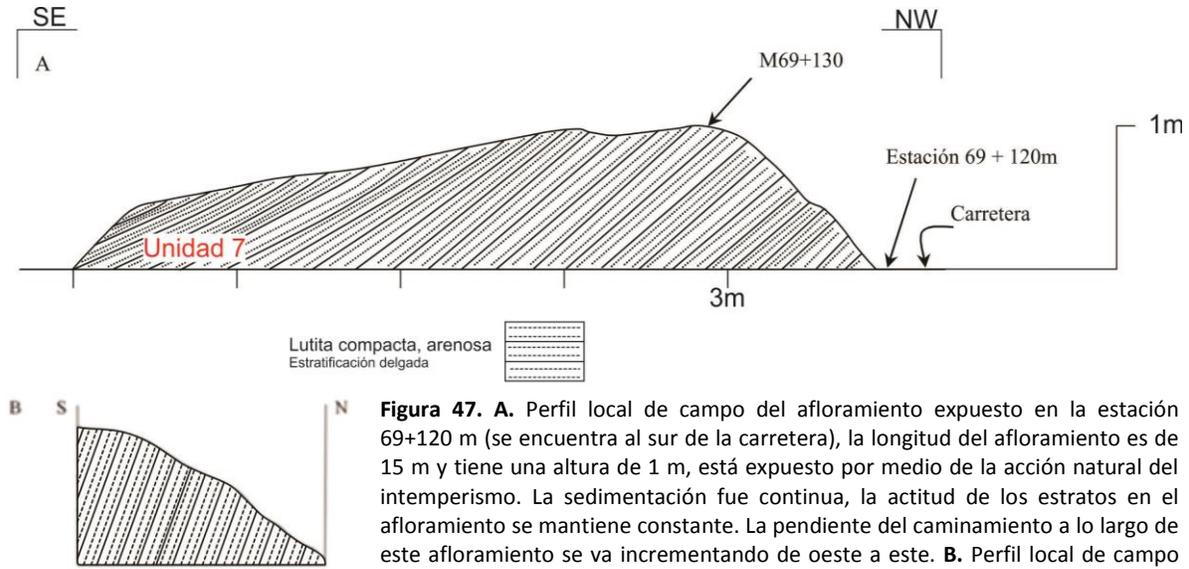


Figura 47. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 69+120 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 15 m y tiene una altura de 1 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos en el afloramiento se mantiene constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 72–73: 10002–10052 m, visual: N097°, pendiente: 07°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.11 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N080°, SE60°**. La muestra colectada para este trayecto es M72+0 (**Figura 48, Capítulo IV, columna V**). Los estratos están ligeramente tectonizados, presentan fracturamiento orientado **N180°, NW70°**. En la estación 72+0 m se localiza una casa de materiales, en 72+50 m se localiza al sur la brecha al rancho “Los Ajiladeros” (**Anexo I**).

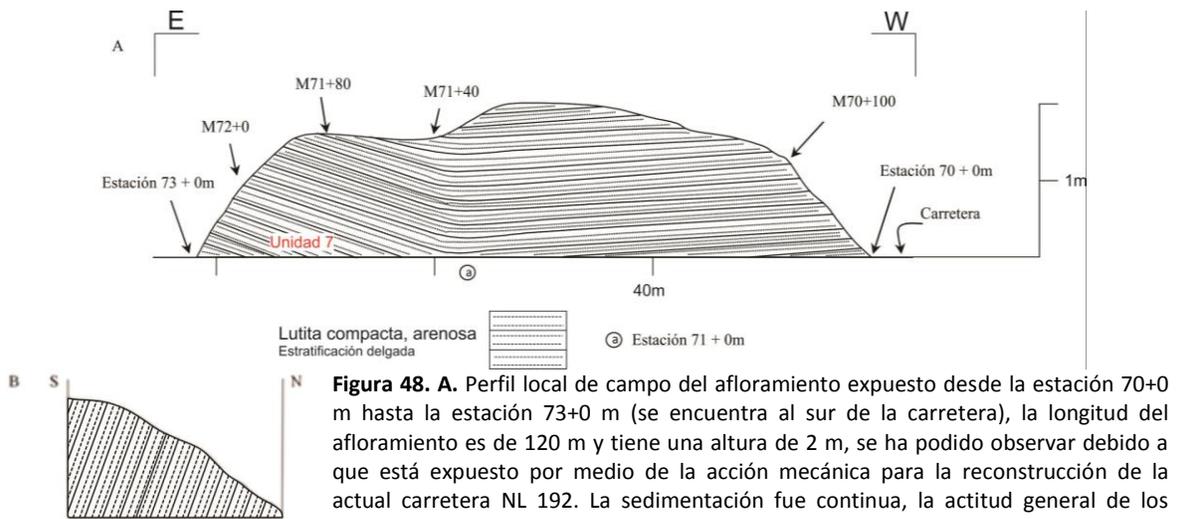


Figura 48. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 70+0 m hasta la estación 73+0 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 120 m y tiene una altura de 2 m, se ha podido observar debido a que está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud general de los estratos se conserva a lo largo de la primera mitad del afloramiento, al noreste los estratos son ligeramente menos inclinados. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando de oeste a noreste. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

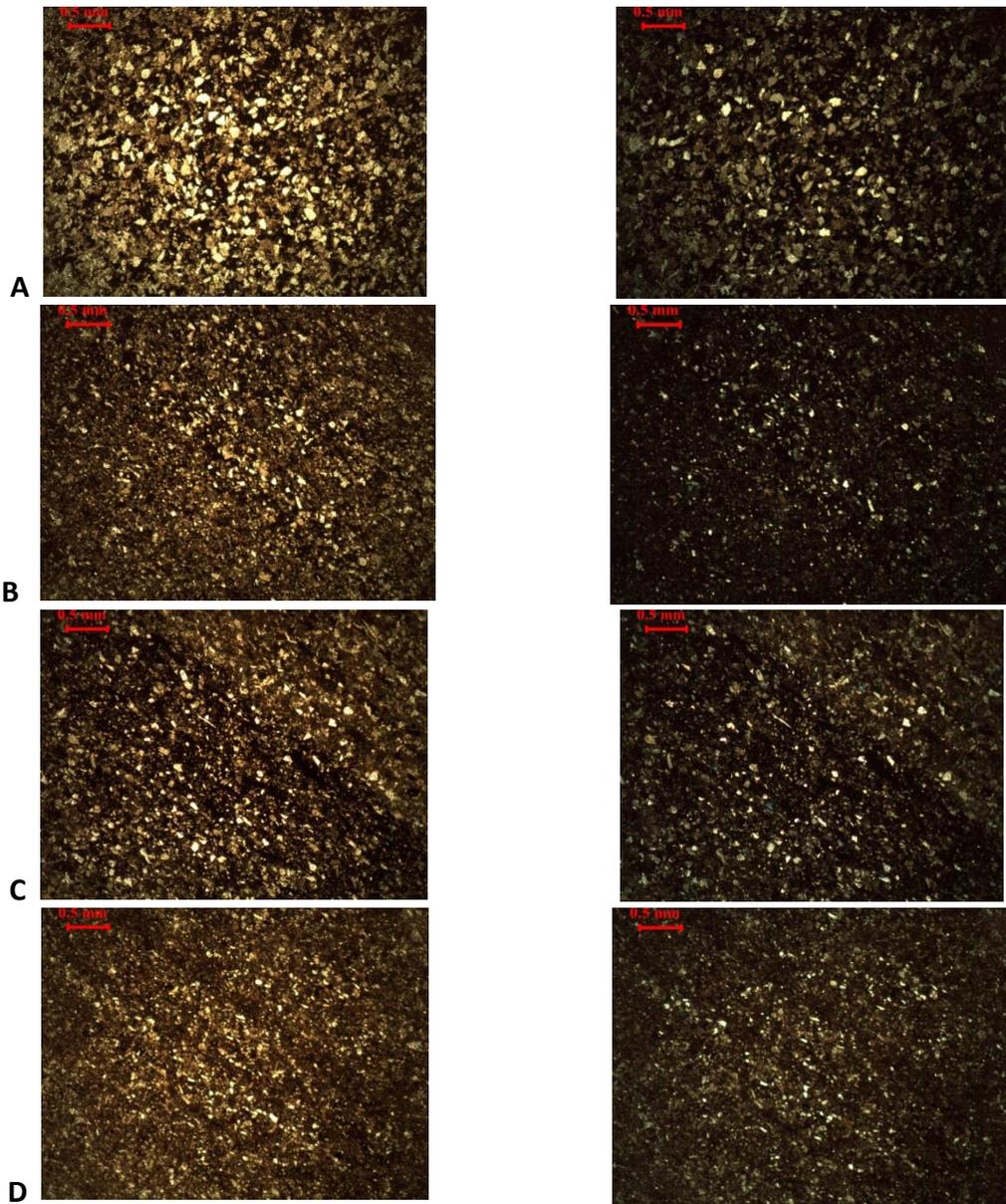


Lámina. 8. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M67R₆ (2.5x), lutita compacta, arenosa, granos terrígenos de cuarzo, contenido abundante de materia orgánica. **B.** Muestra M67R₉ (2.5x), caliza carbonosa, en la cual se muestran algunos fragmentos de terrígenos, se trata del cambio gradual entre una lutita compacta, arenosa y una caliza carbonosa. **C.** Muestra M69+130 (2.5x), lutita compacta, arenosa el contenido de materia orgánica es similar al anterior. **D.** Muestra M70+100 (2.5x), lutita compacta, arenosa con orientación –laminación– y materia orgánica.

Estación 73–74: 10052–10133 m, visual: N162°, pendiente: 0°

El intervalo de 0 a 20 m se encuentra cubierto por aluvión de color blancuzco (probable paquete de lutita compacta, arenosa, **Tabla II**). En el intervalo de 20 a 81 m aflora un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.12 m, el color de este

paquete es pardo claro a blanzuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N090°, SE60°**. Las muestras colectadas para este sector son M73+40 y M73+70 (**Figura 49, Lámina 9. B, Capítulo IV, columna V**). Los estratos están ligeramente tectonizados, presentan fracturamiento orientado **N181°, NW69°**.

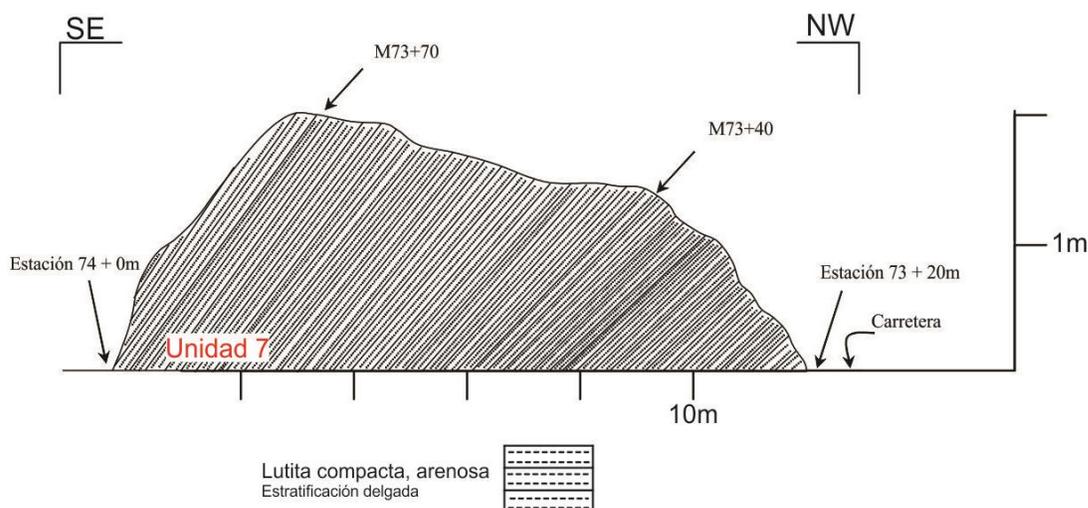


Figura 49. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 73+20 m hasta la estación 74+0 m (se encuentra al suroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 60 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos es prácticamente constante de norte a sur. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 74–75: 10133–10275 m, visual: N107°, pendiente: 01°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figura 50, Tabla II**). La actitud de los estratos es **N090°, SE60°** en la parte inicial del afloramiento, y en la parte final se observa **N070°, SE85°**, lo que indica que existe un ligero plegamiento hacia la estación 75, el paquete está fracturado orientado **N178°, SW65°**. La muestra colectada para este sector es M74+100 (**Figura 51, Lámina 9. C, Capítulo IV, columna VI**).

Estación 75–76: 10275–10375 m, visual: N081°, pendiente: 04°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figura 50, Tabla II**). La actitud de los estratos es **N080°, SE65°** en la parte

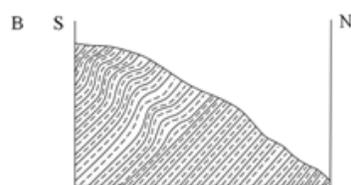
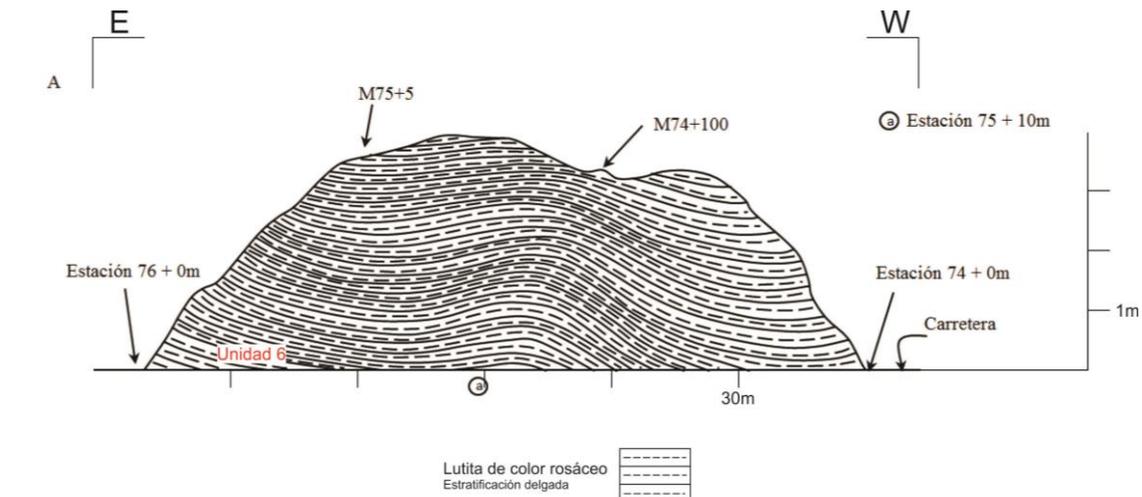
inicial del afloramiento, y en la parte final se observa **N070°, SE85°**, lo que indica que existe un ligero plegamiento hacia la estación 75, el paquete está fracturado orientado **N178°, SW65°**. La muestra colectada para este sector es M75+5 (Figura 51, Capítulo IV, columna VI).



Figura 50. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 74 y 75. El paquete que se observa es de lutita de color rosáceo, se observa que los estratos están con una orientación ligeramente a rumbo.

Estación 76–77: 10375–10469 m, visual: N049°, pendiente: 05°

En este intervalo afloran 3 paquetes (Tabla II).



orientado N-S.

Figura 51. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 74+0 m hasta la estación 76+0 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 170 m y tiene una altura de 3.5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos es variable de oeste a este. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento

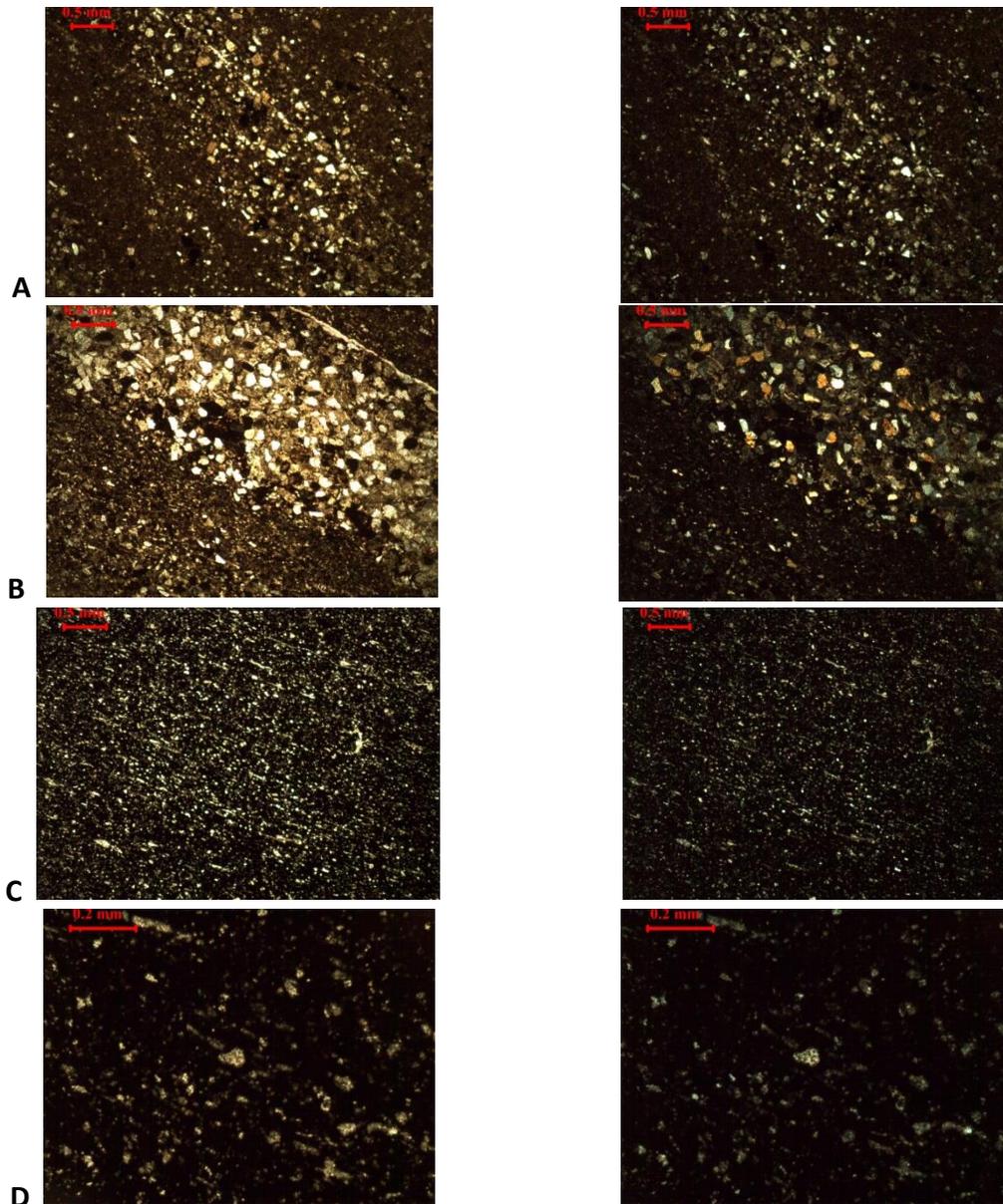


Lámina. 9. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M71+40 (2.5x), lutita compacta, arenosa, los pequeños granos de terrígenos aumentan un poco de tamaño a diferencia de la muestra M70+100, mientras el contenido de materia orgánica se mantiene prácticamente constante, se muestran dos horizontes –uno de terrígenos y otro de materia orgánica-. **B.** Muestra M73+40 (2.5x), lutita compacta, arenosa, misma que contiene dos horizontes: uno donde predominan los terrígenos (de grano fino-medio) y otro donde la materia orgánica. **C.** Muestra M74+100 (2.5x), lutita de color rosáceo en la que la cantidad de materia orgánica es alta. **D.** Muestra M75+5 (10x), lutita de color rosáceo rica en materia orgánica.

Paquete 1: Intervalo de 0 a 40 m, paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figura 52, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N076°, SE72°**. El paquete está fracturado, las fracturas

están orientadas **N180°, NW70°**. La muestra colectada para este intervalo es M76R₁ (**Figura 53, Lámina 10. A, Capítulo IV, columna VI**).

Paquete 2: Intervalo de 40 a 70 m, paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 52, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N076°, SE72°** (**Figura 52**). La muestra colectada para este trayecto es M76R₀ (**Figura 53, Lámina 10. B, Capítulo IV, columna VI**).



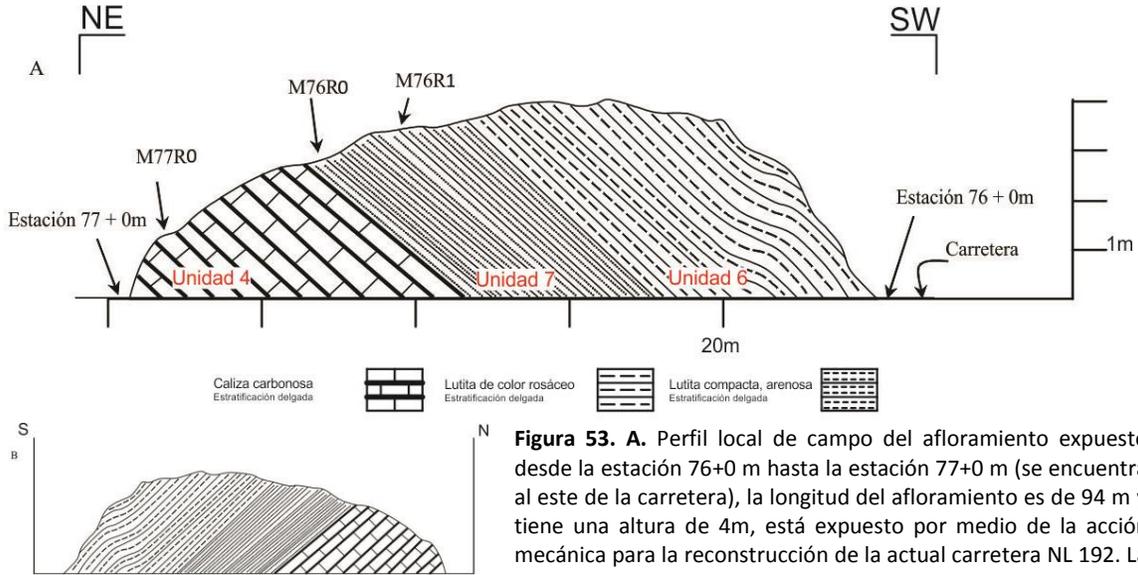
Figura 52. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 75 a 76. El paquete que se observa es de lutita de color rosáceo, nótese que este paquete es altamente deleznable.

Paquete 3: Intervalo de 70 a 94 m, paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 52, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N100°, SW84°**. La muestra colectada para este sector es M77R₀ (**Figura 53, Lámina 10. C, Capítulo IV, columna VI**).

Estación 77–78: 10469–10569 m, visual: N100°, pendiente: -03°

Paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 54, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N092°, SW60°**. La muestra colectada para

este trayecto es M77+50 (**Figura 55, Capítulo IV, columna VI**). En la estación 77+0 m se localiza el poste del km 10 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).



Estación 78–79: 10569–10737 m, visual: N137°, pendiente: -05°

En este intervalo afloran 2 paquetes (**Tabla II**).



Figura 54. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 77, 78 y 79. El paquete que se observa al oeste es el de caliza carbonosa mientras que al este se muestra aflorando, en la parte superior, la lutita compacta, arenosa (**Figura 56**).

Paquete 1: Intervalo de 0 a 148 m, paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varia de 0.06, 0.09 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 54**). La actitud general de los estratos es **N090°, SE67°**. La muestra colectada para este sector es M78+100 (**Figura 56, Lámina 11. A, Capítulo IV, columna VI**).

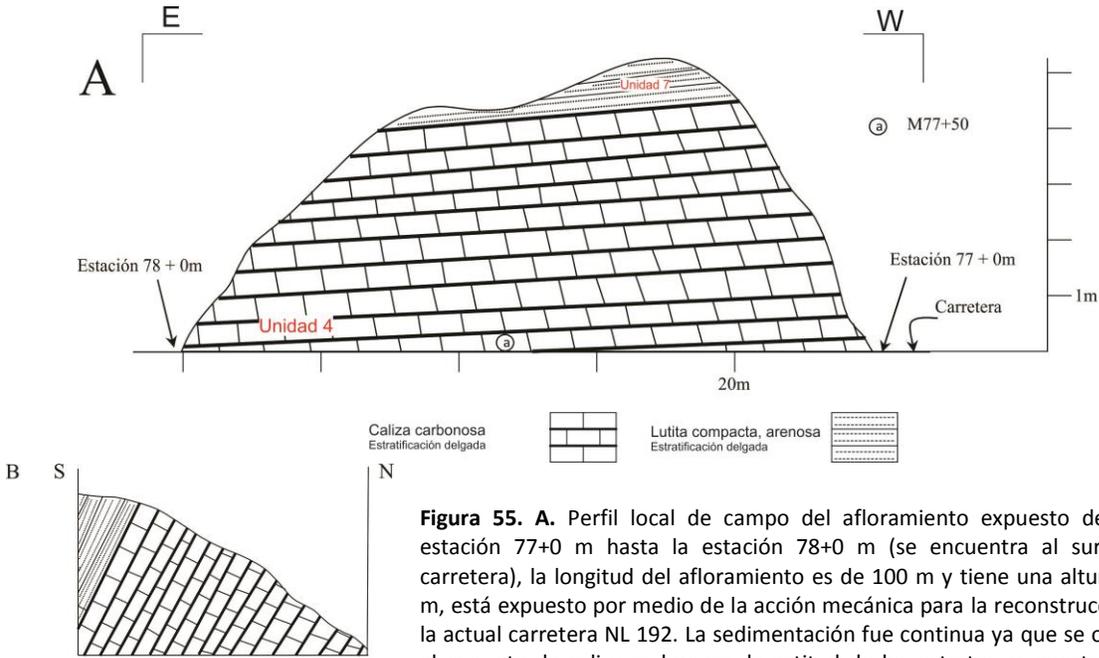


Figura 55. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 77+0 m hasta la estación 78+0 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 100 m y tiene una altura de 5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua ya que se observa el paquete de caliza carbonosa, la actitud de los estratos es constante, se

observan a rumbo. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye abruptamente de norte a sur. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Paquete 2: Intervalo de 148 a 168 m, paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 54**). La actitud general de los estratos es **N105°, SW75°**. La muestra colectada para este sector es M78+160 (**Figura 56, Lámina 11. B, Capítulo IV, columna VI**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 78+0 m, la brecha al rancho “Puerto Blanco” (**Anexo I**), desde esta estación comienza el poblado San Sebastián.

Estación 79–80: 10737–10819 m, visual: N012°, pendiente: -05°

En este intervalo afloran 2 paquetes (**Tabla II**).

Paquete 1: Intervalo de 0 a 15 m, paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10

hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N090°, SE67°**. La muestra colectada para este sector es M79+10 (**Figura 57, Capítulo IV, columna VI**).

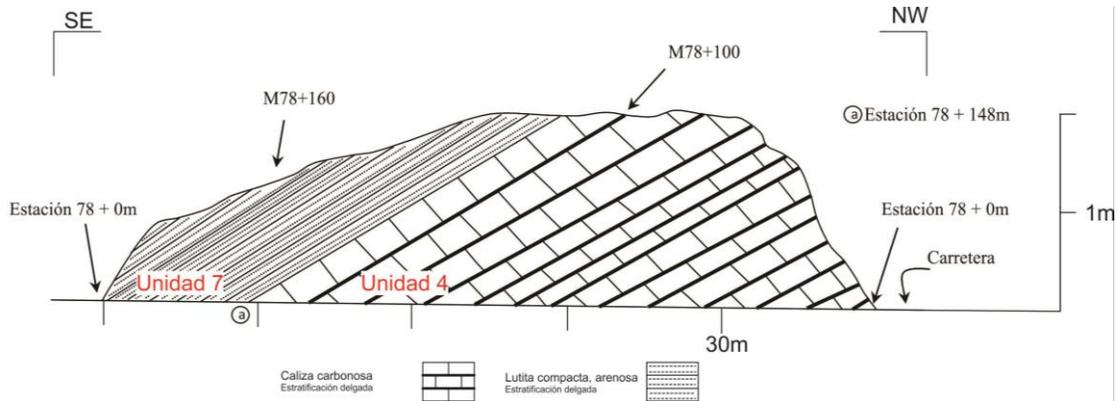


Figura 56. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 78+0 m hasta la estación 79+0 m (se encuentra al suroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 150 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación no fue continua ya que se observan dos paquetes, el de caliza carbonosa y el de lutita compacta, arenosa, la actitud de los estratos es ligeramente variable haciéndose más inclinada al sur. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de norte a sur. El afloramiento fue observado de forma orientada N-S.

Paquete 2: Intervalo de 15 a 82 m, paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color pardo negro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N090°, SE67°**. La muestra colectada para este sector es M79+50 (**Figura 57, Capítulo IV, columna VI**).

Los dos paquetes muestran fracturamiento el cual está orientado **N180, NW65°**, algunas fracturas se encuentran rellenas de calcita.

Estación 80–81: 10819–10869 m, visual: N162°, pendiente: -06°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro a oscuro (probable paquete de caliza carbonosa, **Tabla II**).

Estación 81–82: 10869–10891 m, visual: N105°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo claro a oscuro (probable paquete de caliza carbonosa, **Tabla II**). En la estación 81+10 m se localiza una cañada orientada **N000°**, corre al norte, asimismo se observa un puente (**Anexo I**).

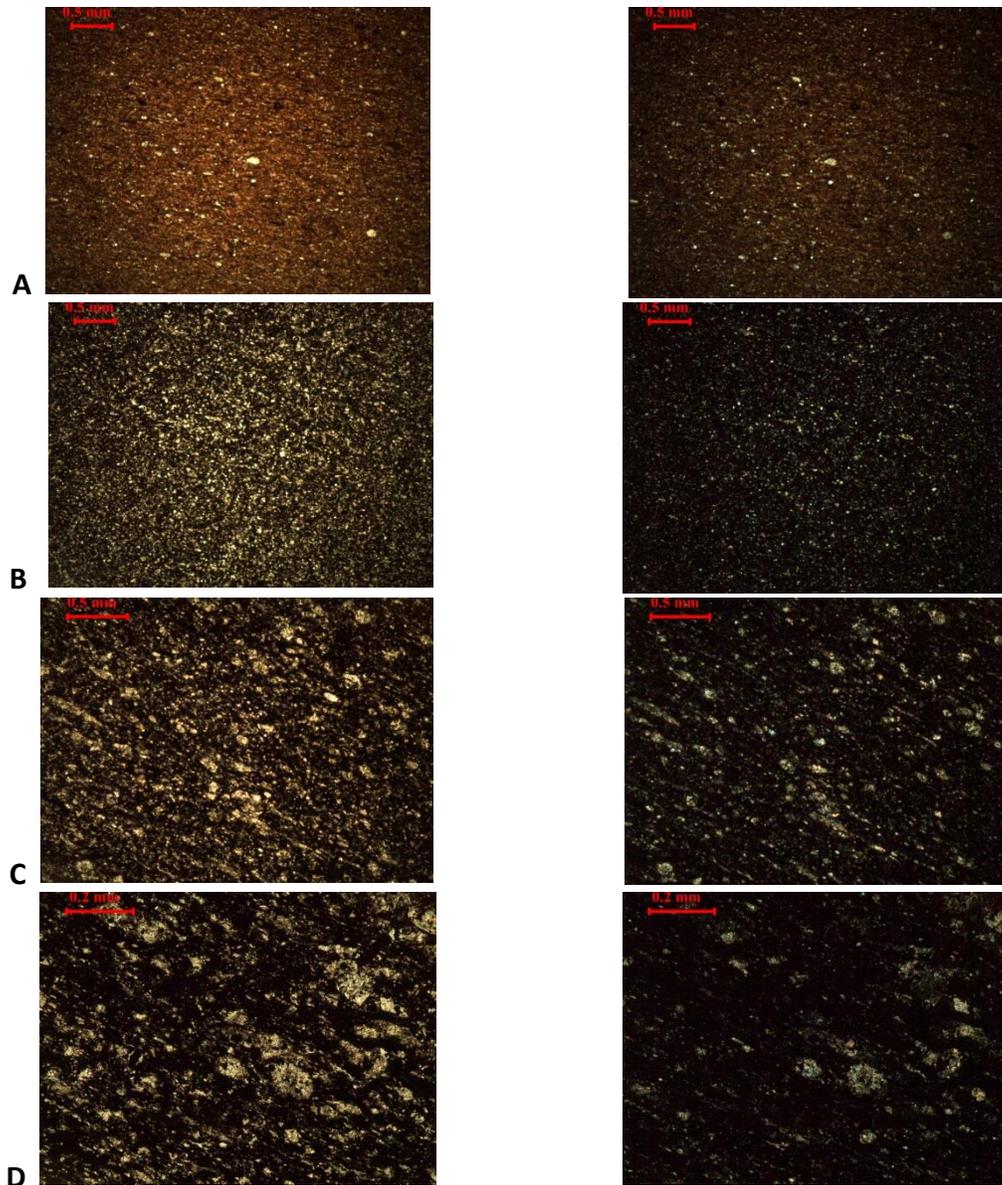


Lámina. 10. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M76R₁ (2.5x), lutita de color rosáceo en la que la cantidad de materia orgánica es alta. **B.** Muestra M76R₀ (2.5x), lutita compacta, arenosa, se muestra materia orgánica. **C.** Muestra M77R₀ (4x), caliza carbonosa. **D.** Muestra M77+50 (10x), caliza carbonosa.

Estación 82–83: 10891–11110 m, visual: N048°, pendiente: 05°

Este intervalo consiste de 2 paquetes (**Tabla II**).

Paquete 1: Intervalo de 0 a 15 m, paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 58**). La actitud general de los estratos es **N070°, SE85°**. La muestra colectada para este sector es M82+10 (**Figura**

59, Lámina 11. C, Capítulo IV, columna VII). Al sur de este paquete aflora un pequeño paquete de lutita de color rosáceo.

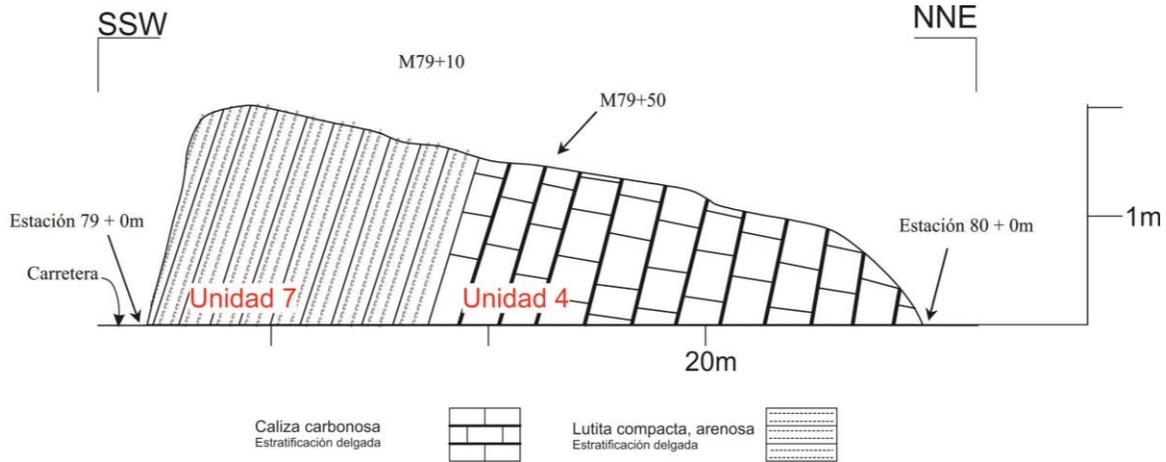


Figura 57. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 79+0 m hasta la estación 80+0 m (se encuentra al noroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 70 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación no fue continua ya que se observan dos paquetes, el de lutita compacta, arenosa y el de caliza carbonosa, lo cual refleja un cambio abrupto en el depósito de las unidades. La actitud de los estratos es ligeramente variable haciéndose más inclinada al sur. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de sur a norte. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Paquete 2: intervalo de 15 a 219 m, paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.20 hasta 0.30 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 58**). La actitud de los estratos es variable teniéndose de sur a norte: **N067°, SE78°; N080°, SE72°; y N090°, SE80°**, lo cual indica el plegamiento del paquete de caliza carbonosa (**Figura 60**). Las muestras colectadas para este paquete son M82+20, M82+70, M82+100 y M82+130 (**Figura 59, Lámina 11. D, Capítulo IV, columna VII**).

Los dos paquetes muestran fracturamiento orientado **N178, SW67°**, algunas fracturas se encuentran rellenas de calcita. Al norte de la carretera se localiza, en la estación 82+200 m, la brecha al rancho “El Risco” (**Anexo I**).

Estación 83–84: 11110–11230 m, visual: N114°, pendiente: 0°

Paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.12 hasta 0.15 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 60, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N098°, SW83°**. La muestra colectada para este sectores M83+10 (**Lámina 12. A, Capítulo IV, columna VII**), los estratos en este

intervalo están prácticamente a rumbo (**Figura 61**). En la estación 83+40 m se localiza la Escuela Club de Leones "Comité de Damas" (**Anexo I**).



Figura 58. Fotografía de campo con orientación NW-SE, viendo al NE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 82 a 83. El paquete que se observa al SE es de lutita compacta, arenosa mientras que al NW aflora la caliza carbonosa (**Figura 59**).

Estación 84–85: 11230–11280 m, visual: N033°, pendiente: -01°

En este intervalo afloran dos paquetes; el primero es un paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figuras 62. A y B, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N091°, SW85°** al oeste del afloramiento mientras que para el este tienen una orientación **N090°, SE85°**. Las muestras colectadas para este sector son M83+110 (**Figura 63, Lámina 12. B, Capítulo IV, columna VII**). El segundo paquete es homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figuras 62. A y B**). La actitud general de los estratos es **N091°, SW85°**. Los dos paquetes muestran fracturamiento con orientación **N020°, SE80°** y **N180°, NW60°**. La muestra colectada para este sector es M84+25 (**Lámina 12. C, Capítulo IV, columna VII**), este afloramiento se encuentra ligeramente plegado hacia la estación 84+0 m (**Figura 63**), el plegamiento se ve reflejado por una cañada orientada N010°, corre al norte (**Anexo I**). El contacto entre los dos paquetes es discordante e irregular, la caliza carbonosa se encuentra en lentes dentro del paquete de lutita (**Figura 63**).

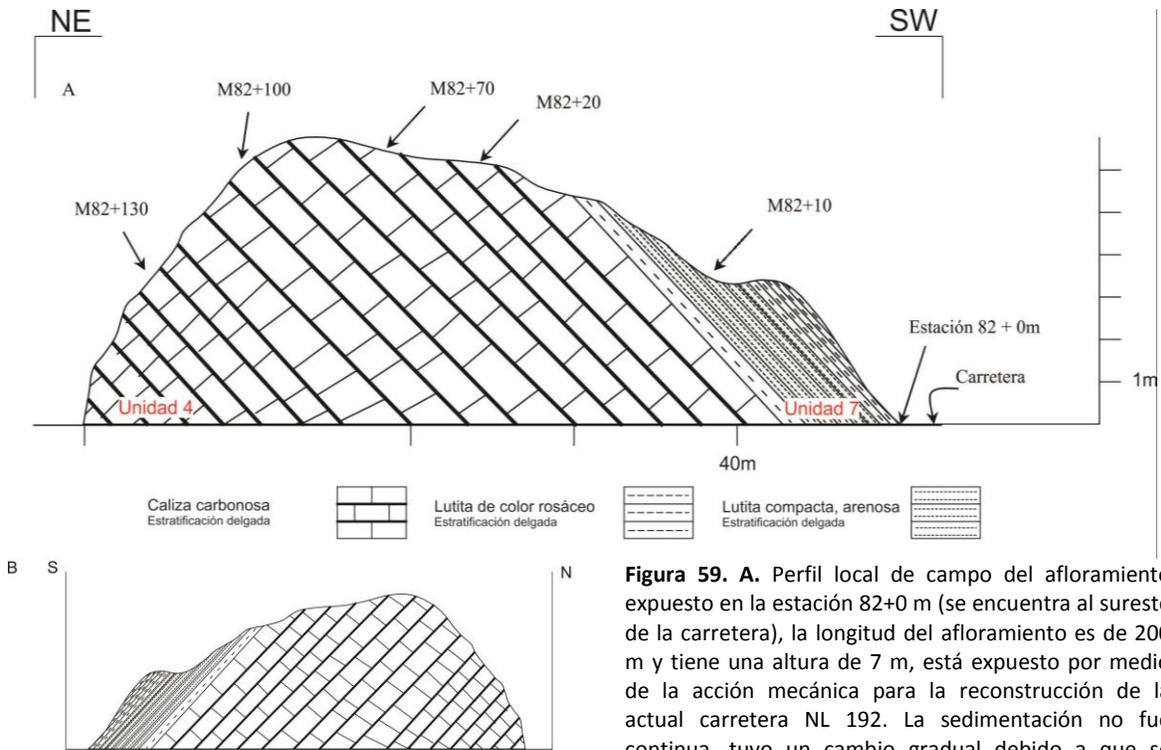


Figura 59. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 82+0 m (se encuentra al sureste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 200 m y tiene una altura de 7 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación no fue continua, tuvo un cambio gradual debido a que se

observan diferentes paquetes en contacto; lutita compacta, arenosa y caliza carbonosa, se observa un ligero plegamiento al norte del afloramiento debido a que la actitud de los estratos es ligeramente variable. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento va incrementándose de sur a norte. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 60. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 83 a 84. Al SE se observa el color pardo oscuro, en superficie al intemperismo, de la caliza carbonosa.

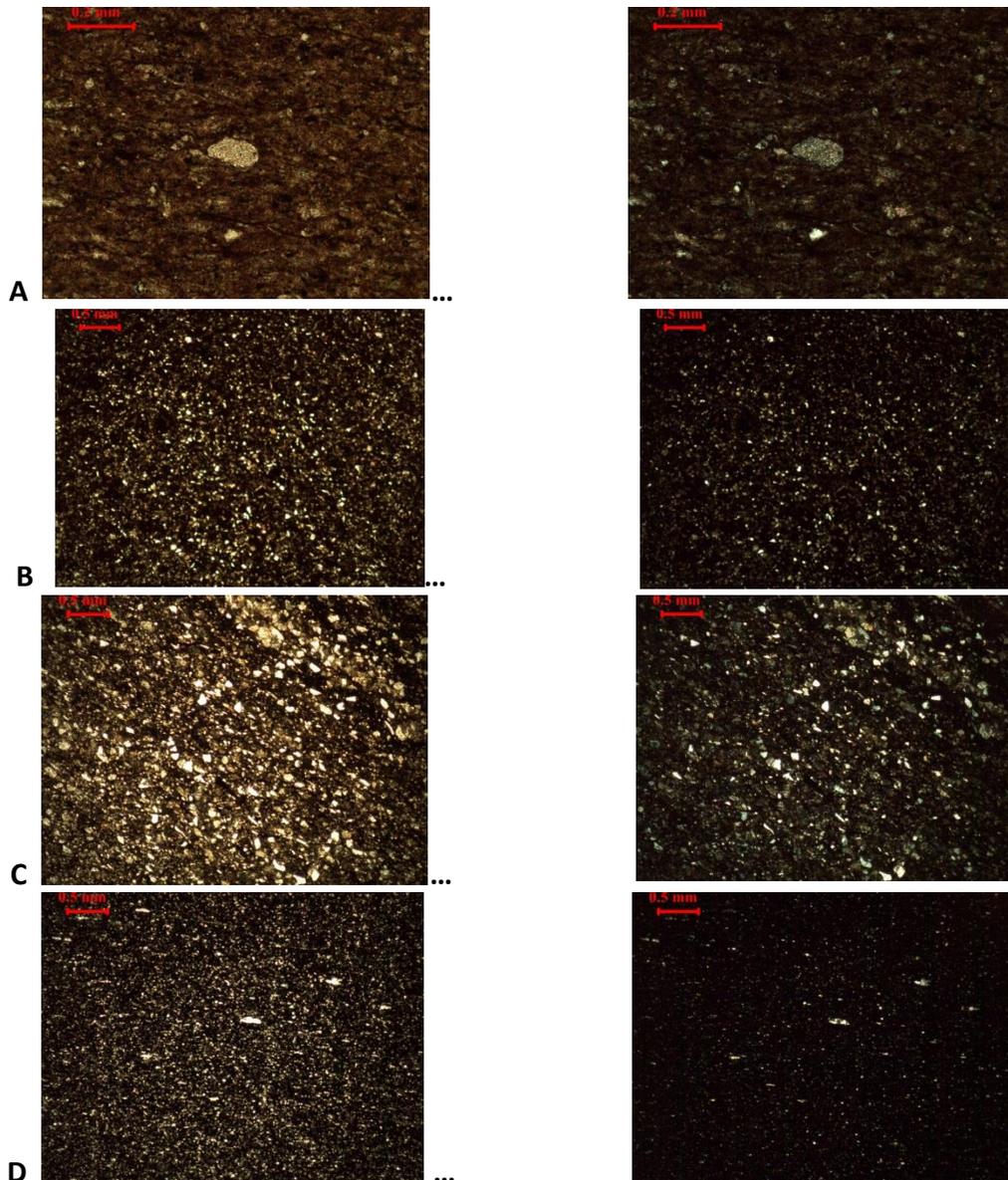
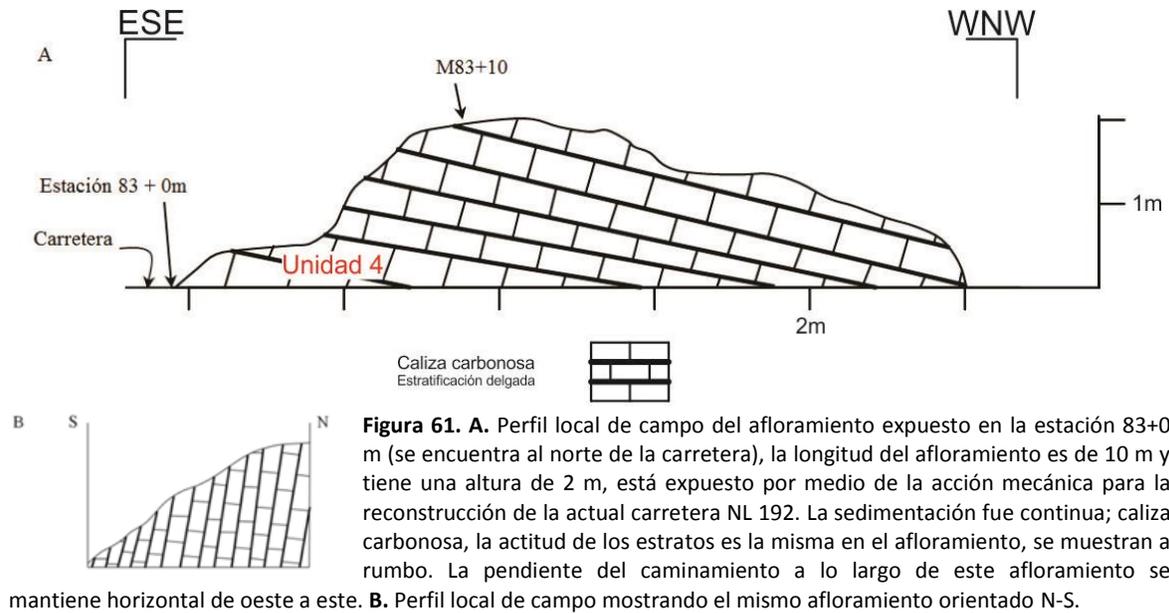


Lámina. 11. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M78+100 (10x), caliza carbonosa, misma que presenta algunos terrígenos. **B.** Muestra M78+160 (2.5x), lutita compacta, arenosa, se muestra materia orgánica. **C.** Muestra M82+10 (2.5x), lutita compacta, arenosa. **D.** Muestra M82+70 (10x), caliza carbonosa, el contenido de materia orgánica en esta muestra es muy elevado.

Estación 85–86: 11280–11380 m, visual: N096°, pendiente: -02°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.10 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 64, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N092°, SW65°**. Las muestras colectadas para este trayecto son M85+50 y M85+70 (**Lámina 12. D, Capítulo IV, columna VII**), se observa que en este afloramiento los estratos se muestran prácticamente a rumbo (**Figura 65**).



Figuras 62. A. y B. Fotografía de campo mostrando el afloramiento correspondiente a las estaciones 83, 84 y 85. En la Figura 62. A se observa que el contacto entre las unidades es discordante (**Figura 63**), en la Figura 62. B se observa que, para la estación 85, el paquete que predomina es el de lutita de color rosáceo. La fotografía A está orientada NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 83 a 84. Se muestra la discordancia entre la caliza carbonosa y la lutita de color rosáceo. La fotografía B está orientada N-S, viendo al este, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 84 a 85. Se muestra que el paquete de lutita de color rosáceo es altamente deleznable y por lo tanto fácil de erosionar.

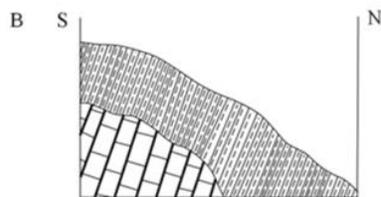
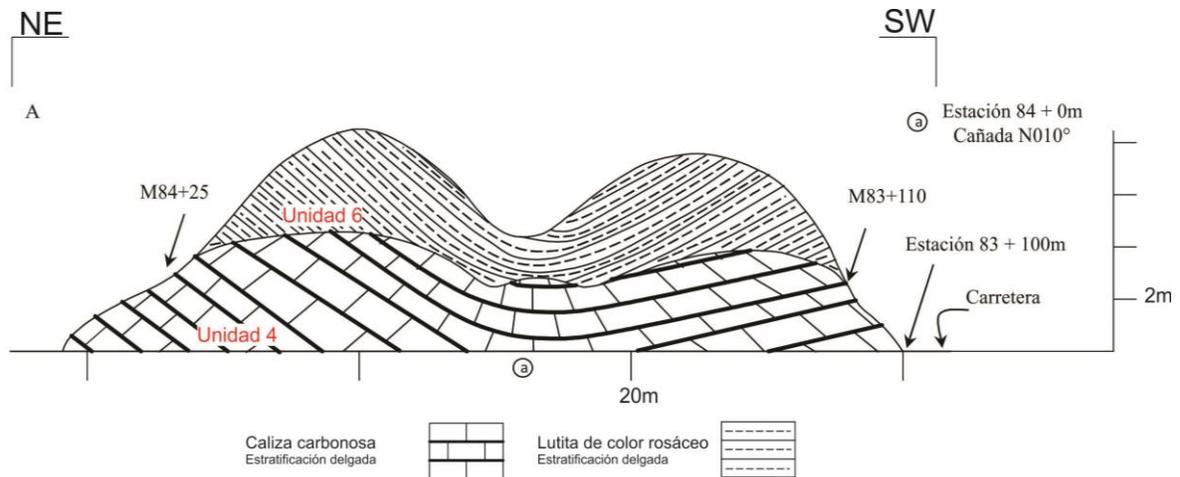


Figura 63. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 83+100 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 60 m y tiene una altura de 8 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación no fue continua ya que se encuentra en contacto de forma discordante e irregular el paquete de caliza carbonosa dentro del paquete de lutita de color rosáceo la actitud general de los estratos es constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 64. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 85 a 86. Se observa que el paquete de lutita compacta, arenosa se encuentra prácticamente a rumbo con la dirección de la carretera.

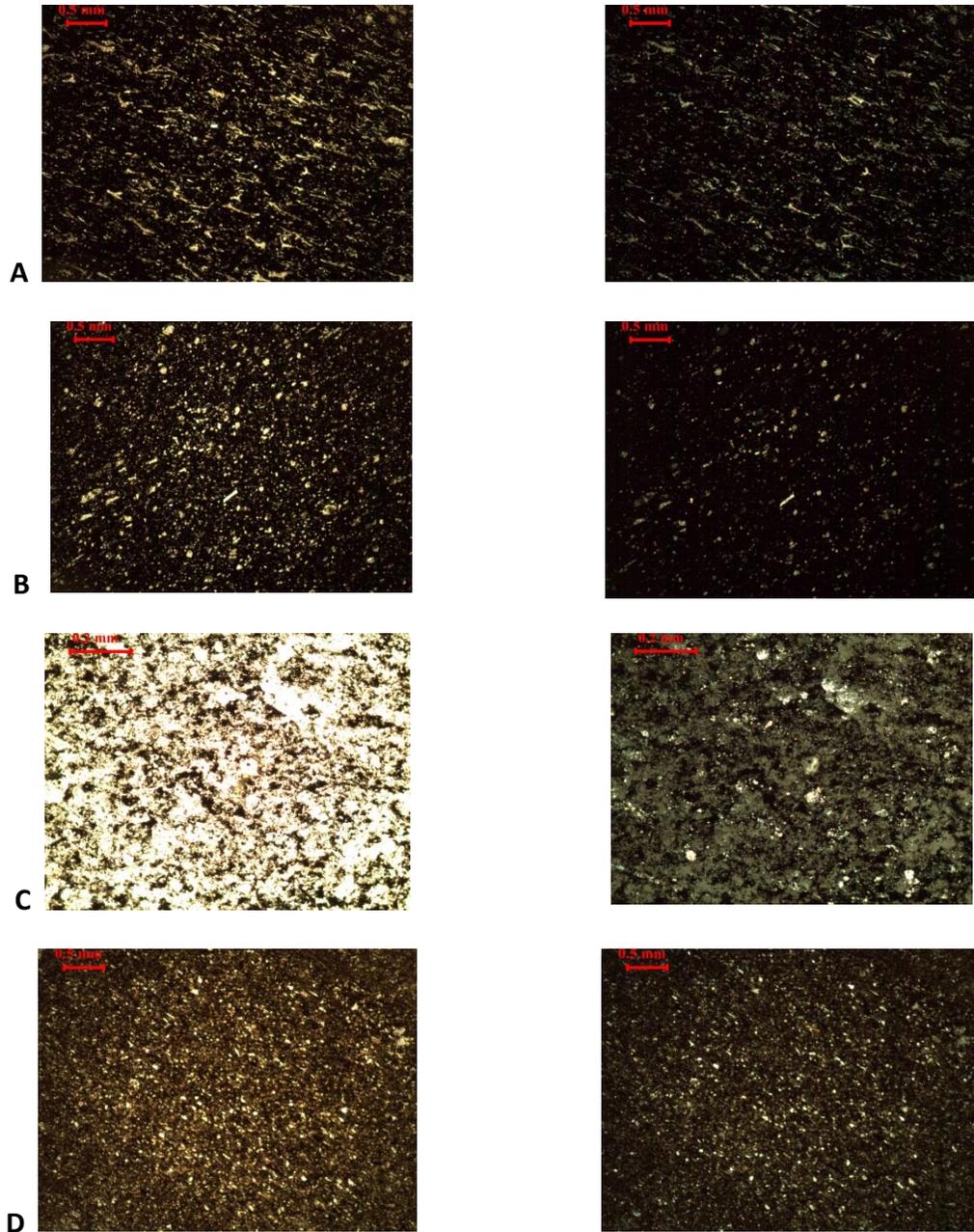


Lámina. 12. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M83+10 (2.5x), caliza carbonosa, ligeramente arenosa. **B.** Muestra M83+100 (2.5x), caliza carbonosa, se muestra el alto contenido de materia orgánica. **C.** Muestra M84+25 (10x), lutita de color rosáceo ligeramente carbonosa. **D.** Muestra M85+50 (2.5x), lutita compacta, arenosa, se puede apreciar el contenido de materia orgánica.

Estación 86–87: 11380–11467 m, visual: N073°, pendiente: -02°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.11 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro

en superficie fresca (**Figura 66, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N089°, SE70°**. Las muestras colectadas para este sector son M86+20 y M86+40 (**Lámina 13. A, Capítulo IV, columna VII**), se observa un plegamiento suave en la parte superior y en la parte central de este afloramiento (**Figura 67**). En la estación 86+77 m se localiza el poste del km 9 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

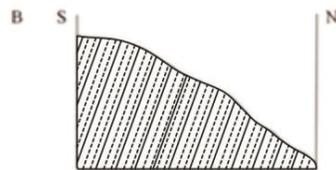
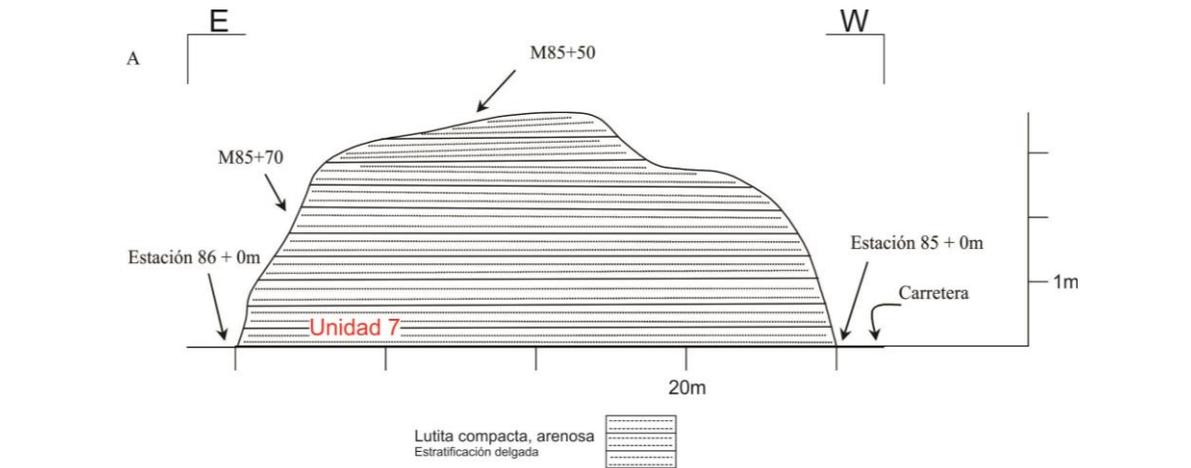


Figura 65. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 85+0 m hasta la estación 86+ m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 80 m y tiene una altura de 3.5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud general de los estratos es la misma de oeste a este, se muestran a rumbo. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 66. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 86 a 87. Se observa que el paquete de lutita compacta, arenosa se encuentra prácticamente a rumbo con la dirección de la carretera.

Estación 87–88: 11467–11582 m, visual: N105°, pendiente: -03°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 68, Tabla II**). La actitud general de los estratos es **N094°, SE83°**. Las muestras colectadas para este trayecto son M87+40 y M87+80 (**Lámina 13. B, Capítulo IV, columna VII**), en este afloramiento los estratos muestran un plegamiento suave de escala local en la parte superior (**Figura 69**). En la estación 87+35 m se localiza una cañada orientada N010°, corre al norte (**Anexo I**).

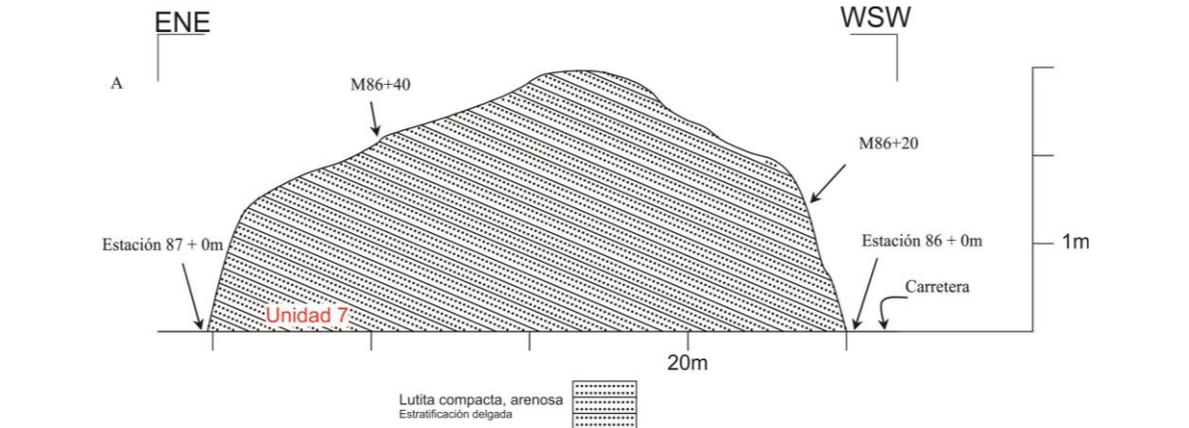


Figura 67. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 86+0m hasta la estación 87+0 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 80 m y tiene una altura de 3 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud general de los estratos es la misma de oeste a este, se observa un plegamiento suave hacia la parte superior del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 68. Fotografía de campo con orientación ESE-WNW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 87 a 88. Se observa la continuidad de la lutita compacta, arenosa, asimismo se muestra que la orientación de las capas mantiene la dirección del echado al sur.

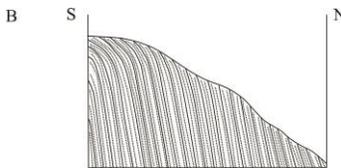
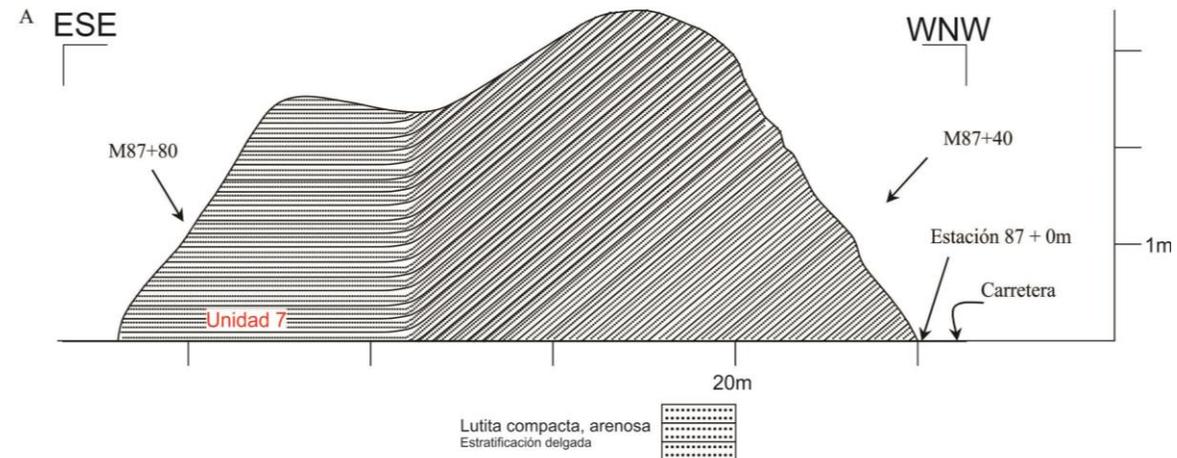


Figura 69. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 87+0 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 90 m y tiene una altura de 3.5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud general de los estratos es la misma de oeste a este. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 88–89: 11582–11681 m, visual: N128°, pendiente: -01°

Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 70, Tabla II**). La actitud de los estratos es **N090°, SE70°** en la parte inicial del afloramiento, mientras, en la parte final es de **N089°, SE71°**. Las muestras colectadas para este sector son M88+40 y M88+70 (**Lámina 13. C, Capítulo IV, columna VII**), se observa que en este afloramiento los estratos muestran un plegamiento suave en la parte central (**Figura 71**).

Estación 89–90: 11681–11815 m, visual: N104°, pendiente: 07°

En el intervalo de 0 a 50 m aflora un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N090°, SE71°** (**Figura 72, Tabla II**). La muestra colectada para este sector es M89+20 (**Lámina 13. D, Capítulo IV, columna VII**), en este afloramiento los estratos muestran un plegamiento suave de escala local en la parte media (**Figura 71**). De 50 a 134

m está cubierto por aluvión de color pardo oscuro (probable paquete de lutita compacta, arenosa).



Figura 70. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 88 a 89. Se observa que la actitud de la lutita compacta, arenosa se mantienen constante al sur.

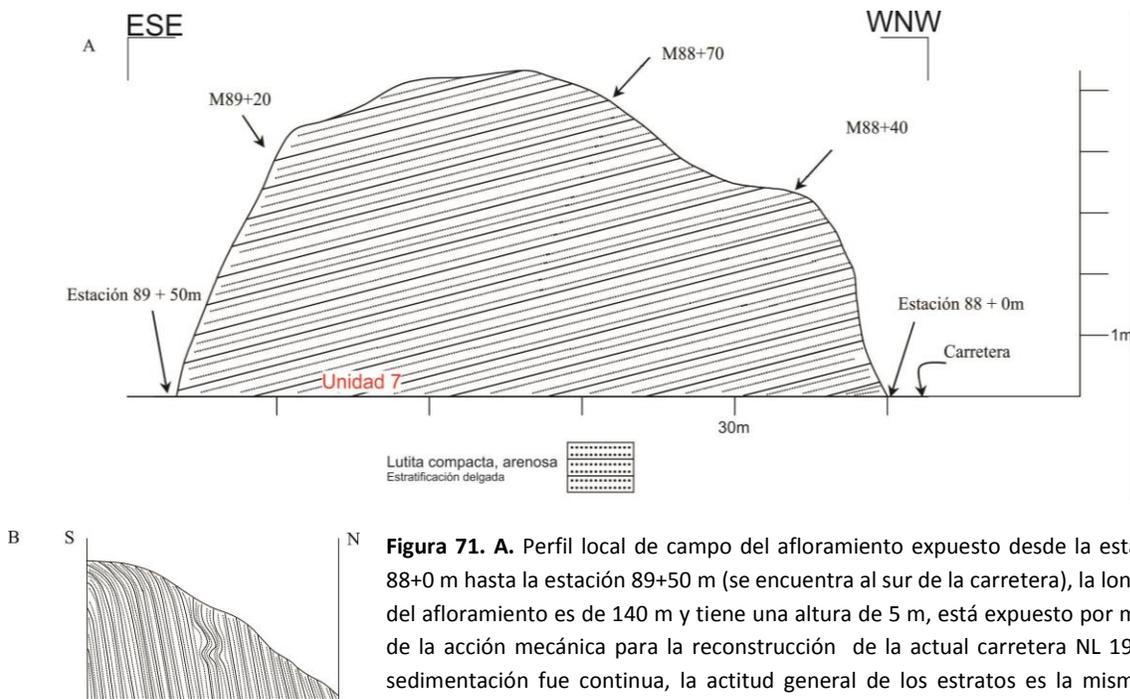


Figura 71. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 88+0 m hasta la estación 89+50 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 140 m y tiene una altura de 5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud general de los estratos es la misma de oeste a este, la actitud general de los estratos es constante, se observa un plegamiento local en la parte central del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye hacia la parte media y se incrementa al final. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

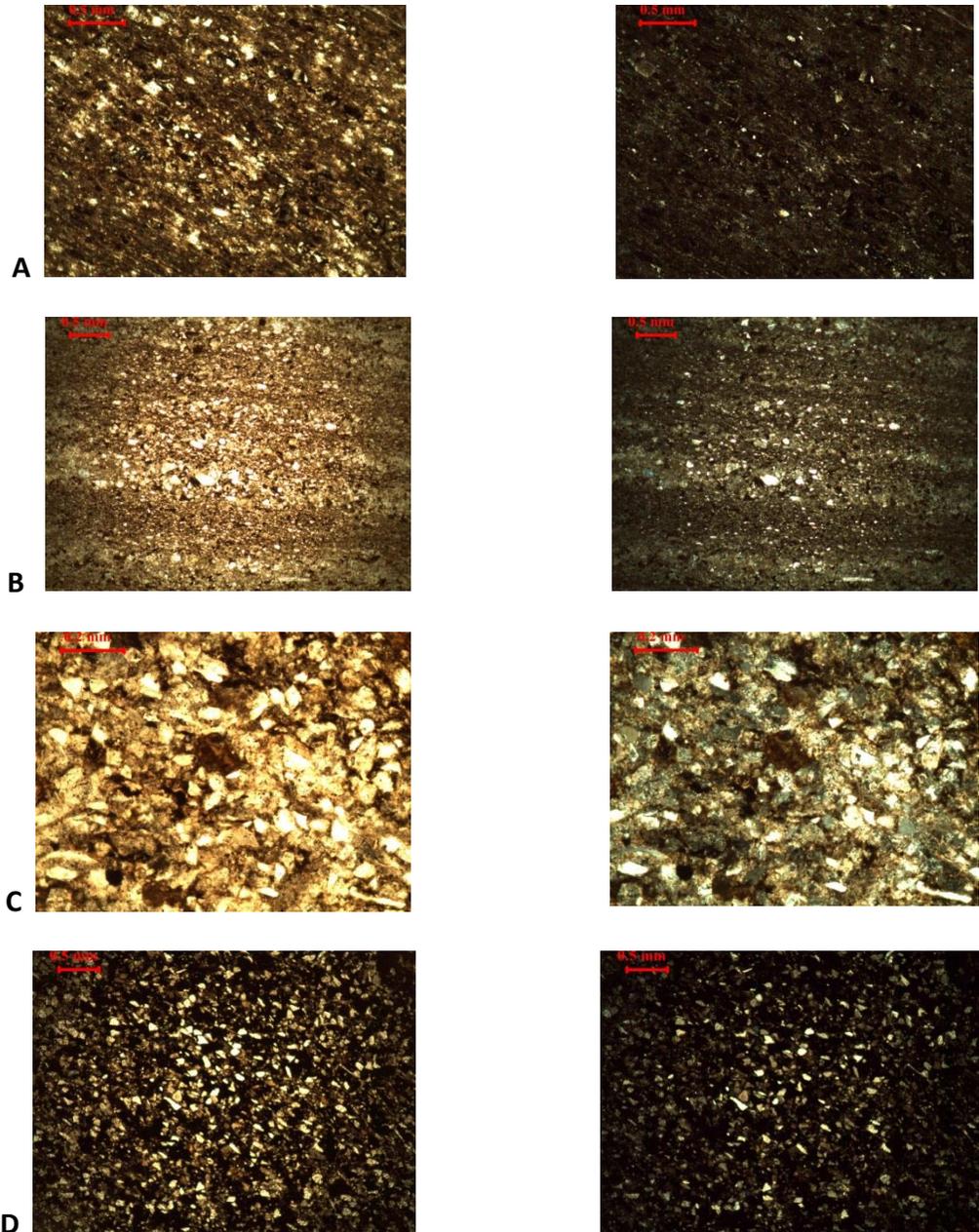


Lámina. 13. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M86+40 (4x), lutita compacta, arenosa, con alto contenido de materia orgánica y laminación. **B.** Muestra M87+80 (2.5x), lutita compacta, arenosa, se muestra el alto contenido de materia orgánica y laminación. **C.** Muestra M88+40 (10x), lutita compacta, arenosa ligeramente carbonosa, mostrando en detalle las características de los terrígenos. **D.** Muestra M89+20 (2.5x), lutita compacta, arenosa, mostrando el contenido de materia orgánica.

Estación 90–91: 11815–11965 m, visual: N147°, pendiente: 03°

En este intervalo afloran 2 paquetes (**Tabla II**).

Paquete 1: Intervalo de 0 a 15 m, paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca (**Figura 73**). La actitud general de los estratos es **N093°, SW82°**. La muestra colectada para este sector es M90+10 (**Figura 74, Lámina 14. A, Capítulo IV, columna VII**).



Figura 72. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 89 a 90. Se observa la continuidad de la lutita compacta, arenosa, en la parte central de la foto se muestra una zona de plegamiento local intenso.

Paquete 2: Intervalo de 15 a 150 m, paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.20 hasta 0.30 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 73**), contiene un horizonte de lutita de color rosáceo de 2 m de espesor. La actitud de los estratos es variable teniéndose de norte a sur: **N094°, SW80°**; **N090°, SE82°**; **N085°, SE78°**; **N086°, SE72°**; y **N070°, SE80°**, lo cual indica que el paquete de caliza carbonosa muestra plegamiento suave. Las muestras colectadas para este paquete son M90+40, M90+80, M90+120 y M90+142 (**Figura 74, Lámina 14. B, Capítulo IV, columna VII**).



Figura 73. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 90 a 91. Se observa al NW la lutita compacta, arenosa mientras que para el SE comienza a aflorar la caliza carbonosa.

Los dos paquetes muestran fracturas orientadas **N178, SW67°**, algunas fracturas se encuentran rellenas de calcita.

Estación 91–92: 11965–12015 m, visual: N117°, pendiente: 05°

Paquete homogéneo de caliza carbonosa (**Tabla II**), con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varia de 0.07, 0.20 hasta 0.30 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color negro en superficie fresca (**Figura 75**), contiene un horizonte de lutita de color rosáceo de 3 m de espesor. La actitud de los estratos en la parte norte es **N086°, SE72°**, mientras en la parte sur es **N070°, SE80°**, indicativo de plegamiento local del paquete de caliza carbonosa. Las muestras colectadas para este paquete son M91+17 y M91+38 (**Figura 74, Lámina 14. C, Capítulo IV, columna VII**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 91+0 m, la casa de Eulalio Peña (**Anexo I**).

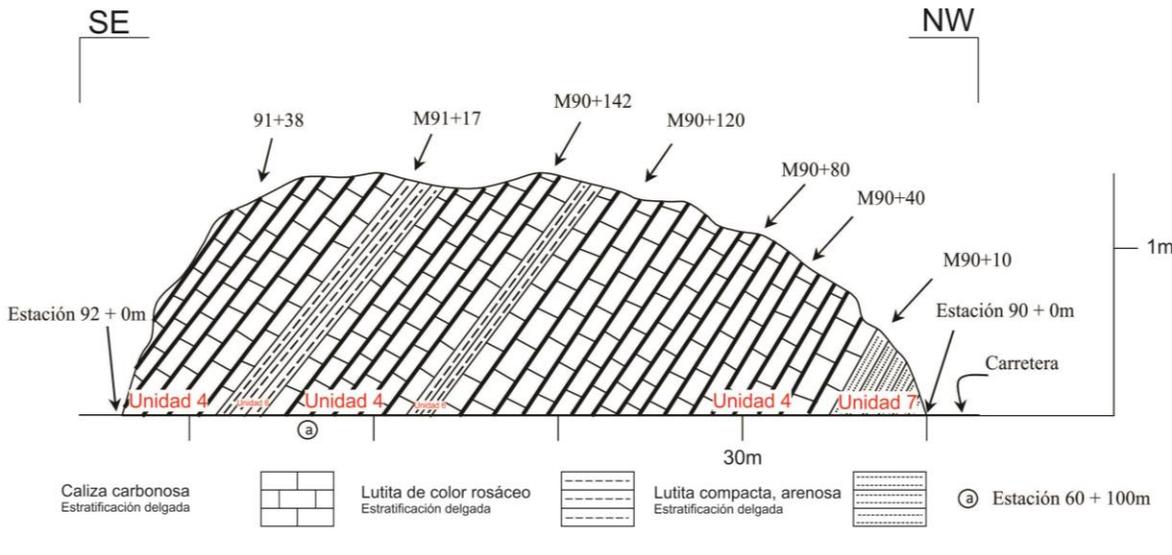


Figura 74. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 90+0 m hasta la estación 92+0 m (se encuentra al suroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 130 m y tiene una altura de 1.5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación no fue continua, ya que se observa 3 paquetes sedimentarios en contacto de norte a sur; lutita compacta, arenosa, caliza carbonosa y lutita, se observa una ligera variación en la actitud de los estratos lo cual da un cambio en la orientación de la estructura. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de norte a sur. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 92–93: 12015–12101 m, visual: N070°, pendiente: 02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (**Tabla II**), está formado de clastos de caliza gris y de arenisca amarillo claro, el tamaño de los clastos varía de 0.80 a 1 m.



Figura 75. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 90+50 m a 91. Se observa que de NW hacia SE la caliza carbonosa se acentúa mucho más.

Estación 93–94: 12101–12201 m, visual: N122°, pendiente: 08°

En el intervalo de 0 a 12 m aflora sobre el arroyo un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa (**Tabla II**), con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.10 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N075°, SE85°**. La muestra colectada para este sector es M93+5 (**Figura 77, Lámina 14. D, Capítulo IV, columna VII**). De 12 a 100 m está cubierto por un aluvión de color pardo oscuro, está formado de clastos de caliza gris y de arenisca amarillo claro, el tamaño de los clastos varía de 0.40 a 0.60 m.



Figura 76. Fotografía de campo con orientación NW-SE, viendo al NE, mostrando en el lecho de un arroyo sin nombre, el afloramiento expuesto en la estación 93+0 m.

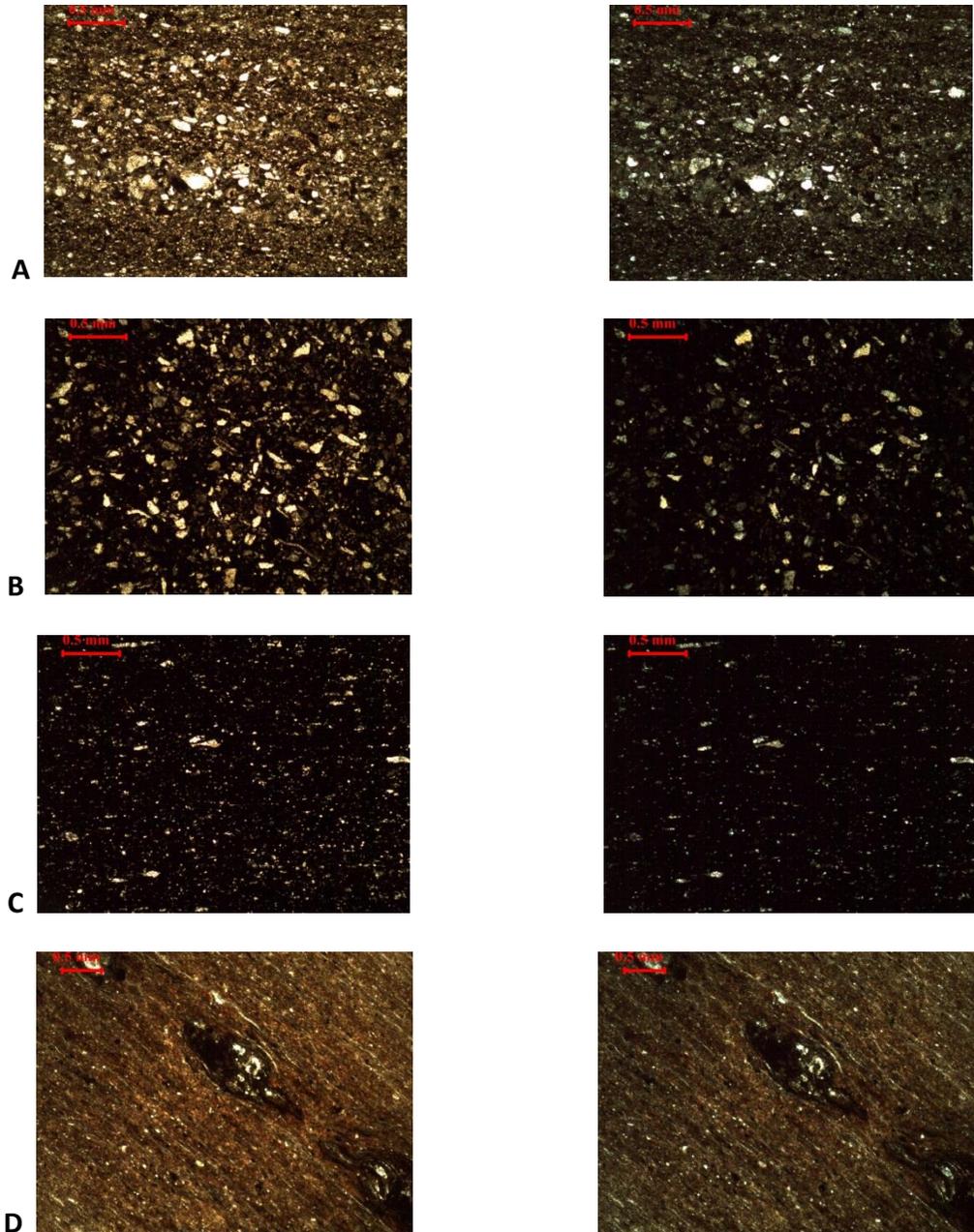


Lámina. 14. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M90+10 (4x), lutita compacta, arenosa, con materia orgánica y laminación. **B.** Muestra M90+80 (4x), caliza carbonosa, se muestra el alto contenido de materia orgánica y algunos terrígenos. **C.** Muestra M91+38 (4x), caliza carbonosa ligeramente arenosa, con un alto contenido de materia orgánica. **D.** Muestra M93+5 (2.5x), lutita compacta, arenosa, se puede apreciar el contenido de materia orgánica, la laminación y el contenido de terrígenos.

Estación 94–95: 12201–12251 m, visual: N200°, pendiente: 07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (**Tabla II**), compuesto por clastos de caliza gris y de arenisca amarillo claro, el tamaño de los clastos varía de 0.40 a 0.60 m.

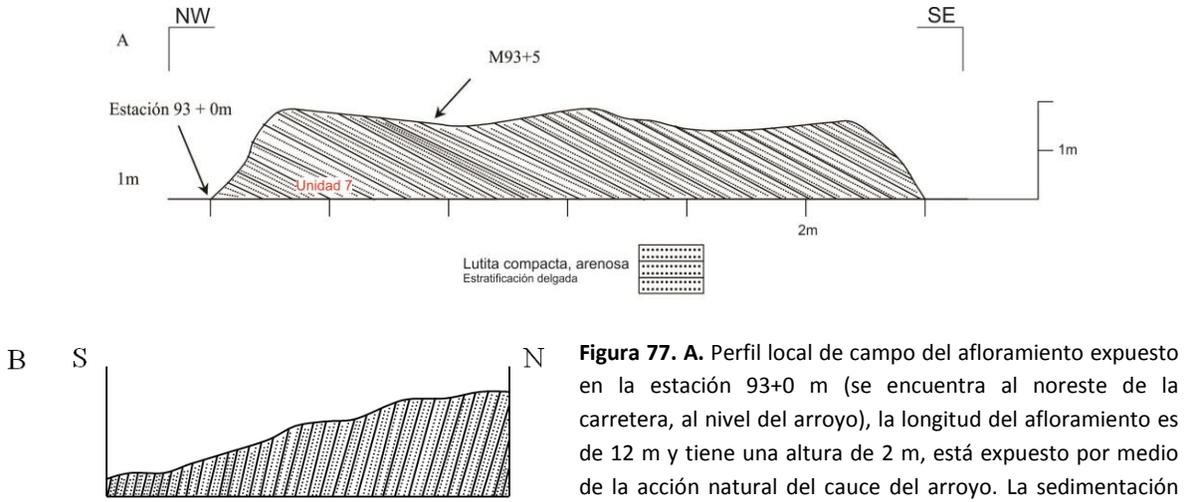


Figura 77. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 93+0 m (se encuentra al noreste de la carretera, al nivel del arroyo), la longitud del afloramiento es de 12 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción natural del cauce del arroyo. La sedimentación fue continua, la actitud general de los estratos es la misma.

La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se va incrementando de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 95–96: 12251–12471 m, visual: N121°, pendiente: 05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (**Tabla II**), compuesto por clastos de caliza gris y de arenisca amarillo claro, el tamaño de los clastos varía de 0.40 a 0.60 m. En la estación 95+150 m se localiza el poste del km 8 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

Estación 96–97: 12471–12561 m, visual: N150°, pendiente: 05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (**Tabla II**), compuesto por clastos de caliza gris y de arenisca amarillo claro, el tamaño de los clastos varía de 0.40 a 0.60 m. En la estación 96+0 m comienza el poblado “La Peñita” (**Anexo I**).

Estación 97–98: 12561–12861 m, visual: N112°, pendiente: 07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo oscuro (**Tabla III**), compuesto por clastos de caliza gris y de arenisca amarillo claro, el tamaño de los clastos varía de 0.40 a 0.60 m.

Estación 98–99: 12861–13039 m, visual: N139°, pendiente: 10°

En el intervalo de 0 a 5 m aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 a 0.07 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color pardo grisáceo en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N127°, SW87°**. La muestra colectada para este afloramiento es M98+3 (**Lámina 15. A, Capítulo IV, columna VIII**), se puede apreciar en el afloramiento una imbricación tectónica (**Figura 78**). De 5 a 178 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo amarillento (probable paquete de lodolita calcárea). En la estación 98+250 m se localiza la

salida del poblado “La Peñita” (**Anexo I**). Se infiere que este paquete de lodolita calcárea comenzó a aflorar a aproximadamente 40 metros atrás de la estación 98, de igual forma se ha interpretado que a lo largo de la estación 98 hasta 99 existe un pequeño plegamiento antiforme el cual posteriormente cambiara de actitud de los estratos.

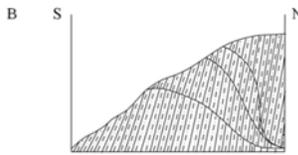
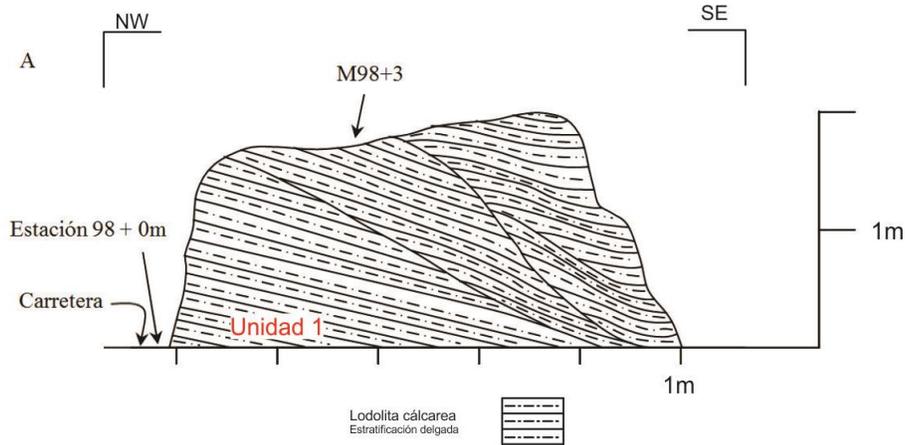


Figura 78. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 98+0 m hasta la estación 20+0 m (se encuentra al noreste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 5 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos se mantiene, en este intervalo se identificaron imbricaciones tectónicas. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de noroeste a sureste. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 99–100: 13039–13125 m, visual: N015°, pendiente: 07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo amarillento (probable paquete de lodolita calcárea). En la estación 99+0 m se localiza una cañada orientada N000°, corre al norte (**Anexo I**).

Estación 100–101: 13125–13225 m, visual: N144°, pendiente: 03°

Paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 a 0.07 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color pardo grisáceo en superficie fresca (**Figura 79**). La actitud de los estratos para el afloramiento es: al inicio **N268°, NW35°**; en la mitad **N265°, NW30°**; y al final **N265°, NW29°**. Las muestras colectadas para este afloramiento son M100R₀, M100R₁, M100R₂ y M101R₀ (**Lámina 15. B, Capítulo IV, columna VIII**), en la parte superior de este afloramiento se observó una imbricación tectónica en la lodolita, el paquete está fracturado orientado **N175°, SW78°**, los estratos se muestran prácticamente a rumbo (**Figura 80**).

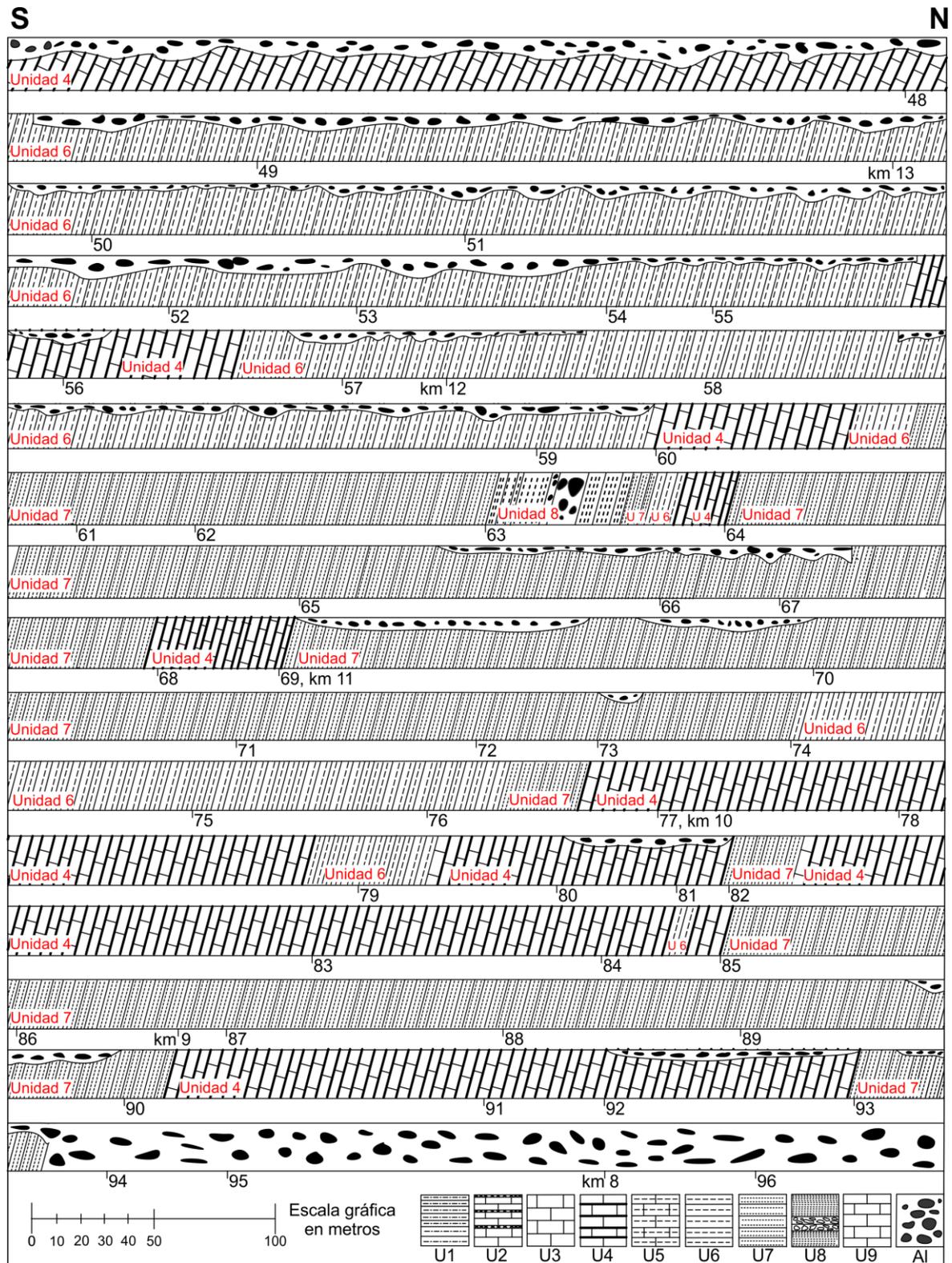


Tabla II. Perfil compuesto de los afloramientos expuestos en el intervalo comprendido por las estaciones 47+50 m y 96+70 m.



Figura 79. Fotografía de campo con orientación NW-SE, viendo al NE, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 100+10 m. Se observa que la lodolita calcárea es altamente deleznable, es una zona fuerte de tectonismo, mostrando imbricaciones tectónicas en la lodolita (**Figura 80**).

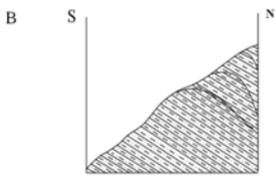
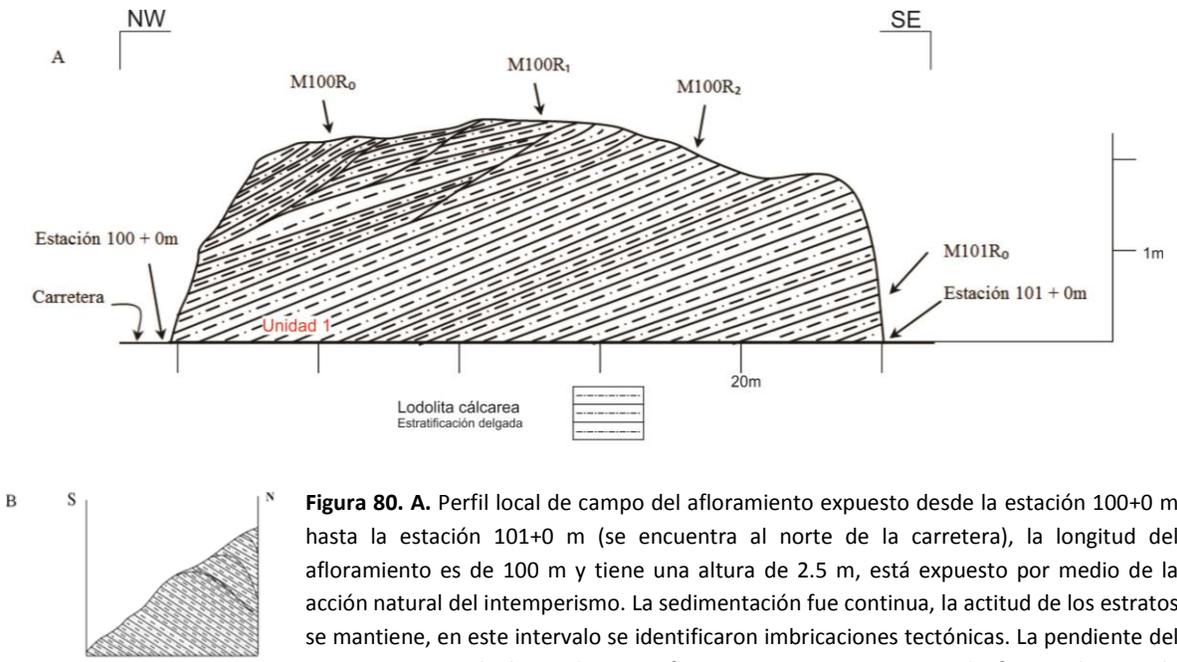


Figura 80. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 100+0 m hasta la estación 101+0 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 100 m y tiene una altura de 2.5 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos se mantiene, en este intervalo se identificaron imbricaciones tectónicas. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de forma abrupta de noroeste a sureste. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 101–102: 13225–13375 m, visual: N104°, pendiente: 07°

En los intervalos de 0 a 90 m y de 130 a 140 m aflora un paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 a 0.07 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color pardo grisáceo en superficie fresca (**Figura**

79). La actitud general de los estratos es **N265°, NW30°**. La muestra colectada para este afloramiento es M101+130 (**Lámina 15. C, Capítulo IV, columna VIII**), en el afloramiento que abarca el intervalo de 130 a 140 m se muestra una imbricación tectónica en la parte superior (**Figura 81**). El paquete está fracturado orientado **N021°, SE65°** y **N170°, SW77°**, los estratos se muestran prácticamente a rumbo de la estación 101 a la 102. Los intervalos comprendidos de 90 a 130 m y de 140 a 150 m se encuentran cubiertos por aluvión de color pardo amarillento (probable paquete de lodolita calcárea). En la estación 101+80 m se localiza el poste del km 7 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

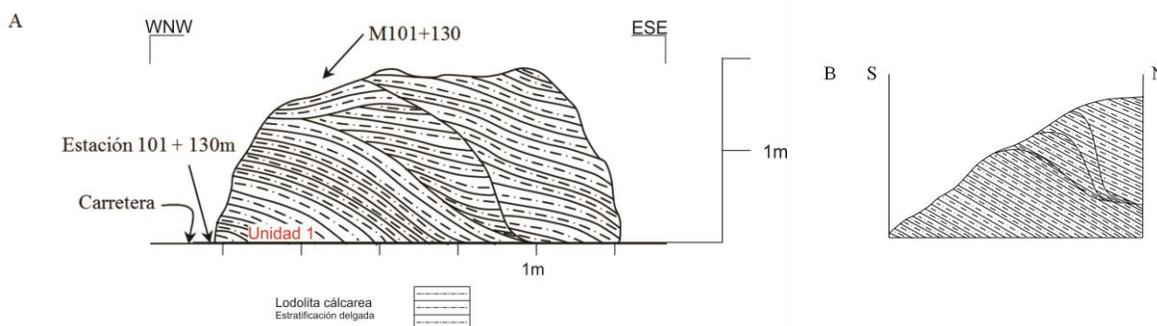


Figura 81. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 101+130 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 5 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos se mantiene, en este intervalo se identificaron imbricaciones tectónicas. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de forma abrupta de noroeste a sureste. B. Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 102–103: 13375–13525 m, visual: N080°, pendiente: 04°

Paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 a 0.07 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color pardo grisáceo en superficie fresca (**Figura 79**). La actitud general de los estratos es **N265°, NW30°**. Se observa que los estratos están a rumbo.

Estación 103–104: 13525–13655 m, visual: N104°, pendiente: 10°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.04 hasta 0.06 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca. La actitud de los estratos en la parte inicial del afloramiento es **N310°, NE43°**, y en la parte final es **N310°, NE37°**, lo cual es indicativo de un plegamiento suave hacia la estación 103+100 m, el paquete está fracturado orientado **N020°, SE63°** y **N170°, SW80°** (**Figura 82**). Las muestras colectadas para este sector son M103+0 y M103+100 (**Figura 83, Lámina 15. D, Capítulo IV, columna VIII**).



Figura 82. Fotografía de campo con orientación NW-SE, viendo al NE, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 103+0 m. Se observa el color característico de la lutita de color rosáceo, la cual es altamente deleznable.

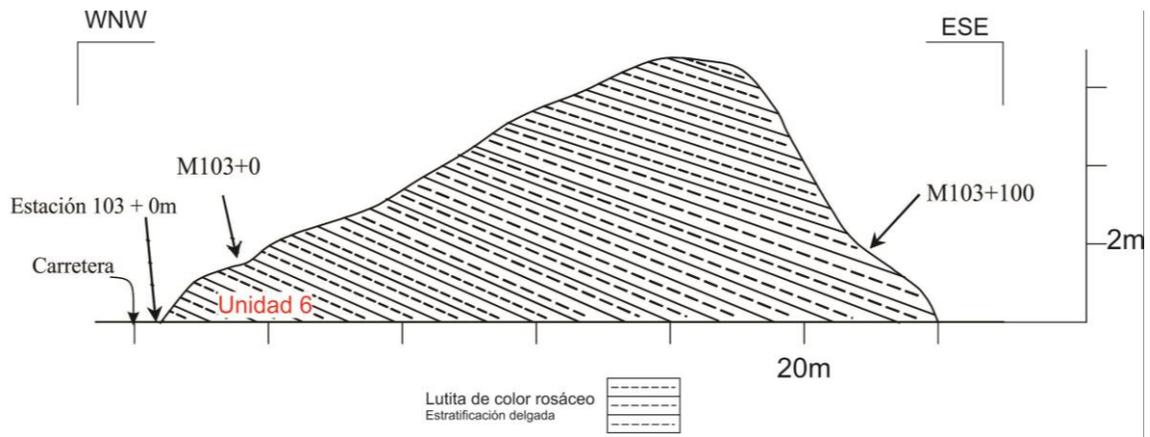


Figura 83. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 103+0 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 120 m y tiene una altura de 7 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos varía de la parte inicial y final del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de forma abrupta de noroeste a sureste. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 104–105: 13655–13905 m, visual: N074°, pendiente: 05°

Paquete homogéneo de lodolita calcárea de estratificación muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 a 0.07 m, el color de este paquete es pardo claro en superficie intemperizada y de color pardo grisáceo en superficie fresca, dentro de este paquete se observó una variación de los estratos de lodolita a lutita de color rosáceo a través de todo el afloramiento. La actitud general de los estratos es **N270°, NW25°**, el paquete está fracturado orientado **N022°, SE65°** y **N168°, SW81°**. En este afloramiento los estratos están a rumbo con relación a la orientación de la carretera. La muestra colectada para este sector es M104+125 (**Lámina 16. A, Capítulo IV, columna VIII**). En la estación 104+125 m se localiza una cañada orientada N180°, al sur.

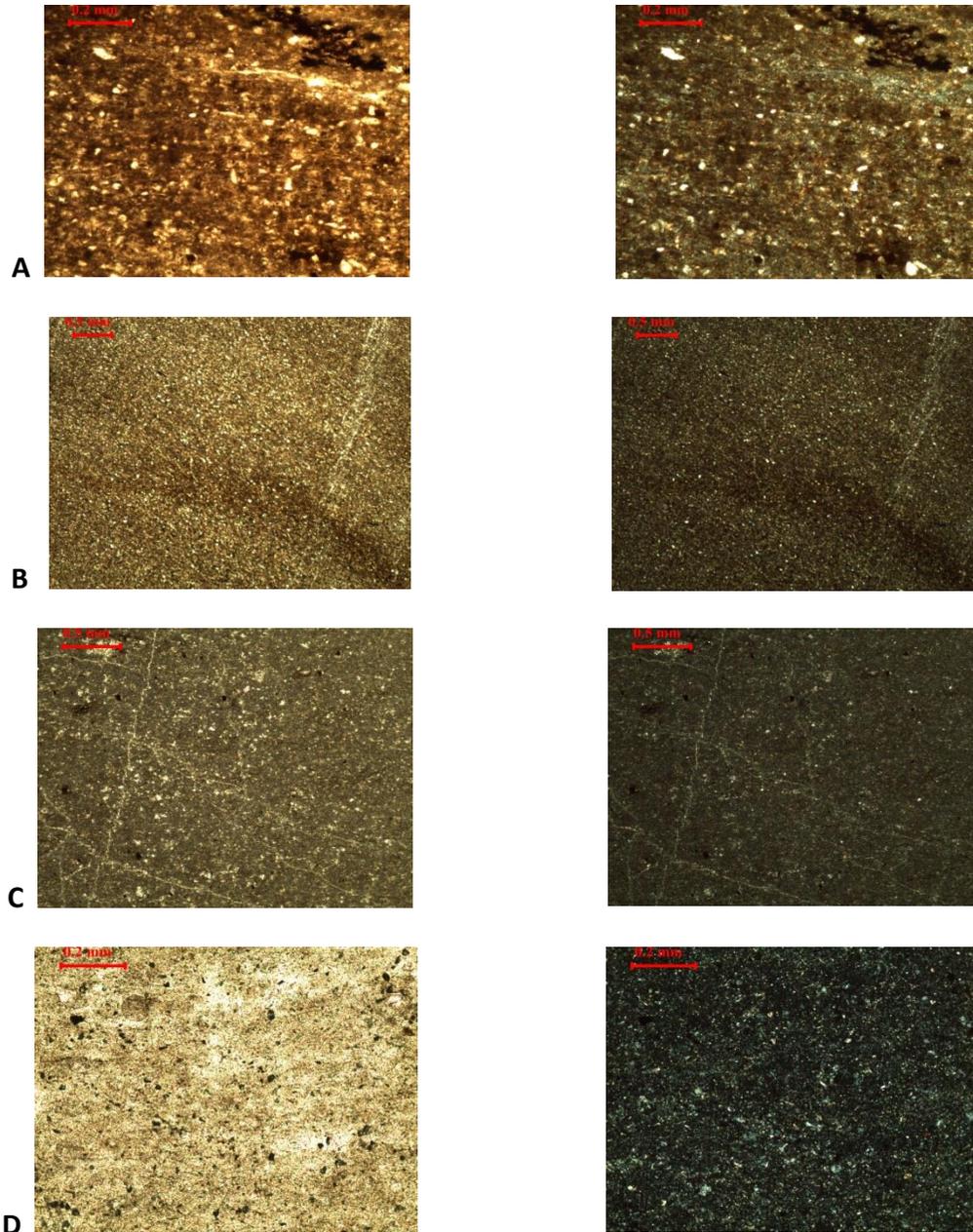


Lámina. 15. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M98+3 (10x), lodolita calcárea, contiene terrígenos y materia orgánica. **B.** Muestra M100R₂ (2.5x), lodolita calcárea ligeramente arenosa con alto contenido de materia orgánica, asimismo se muestra cierta orientación de los componentes -laminación-. **C.** Muestra M101+130 (4x), lodolita calcárea ligeramente arenosa. **D.** Muestra M103+0 (10x), lutita de color rosáceo.

Estación 105–106: 13905–14005 m, visual: N055°, pendiente: 05°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo

rosáceo en superficie fresca. La actitud de los estratos es variable lo cual refleja el plegamiento a lo largo del afloramiento, al inicio se observa **N312°, NE37°**, en la parte media se observa **N087°, SE87°** y en la parte final se observa **N310°, NE35°**. Las muestras colectadas para este sector son M105+5 y M105+80 (**Figura 84, Lámina 16. B, Capítulo IV, columna VIII**). El paquete está fracturado orientado **N021°, SE67°** y **N180°, NW82°** (**Figura 85**), las fracturas se encuentran rellenas de calcita (existen espesores potentes en las fracturas (**Figura 86**), en este intervalo se observó una imbricación tectónica lo cual refleja el fuerte tectonismo del área (**Figura 87**).

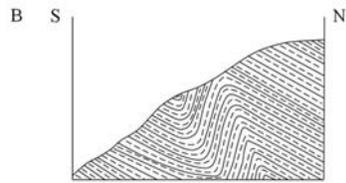
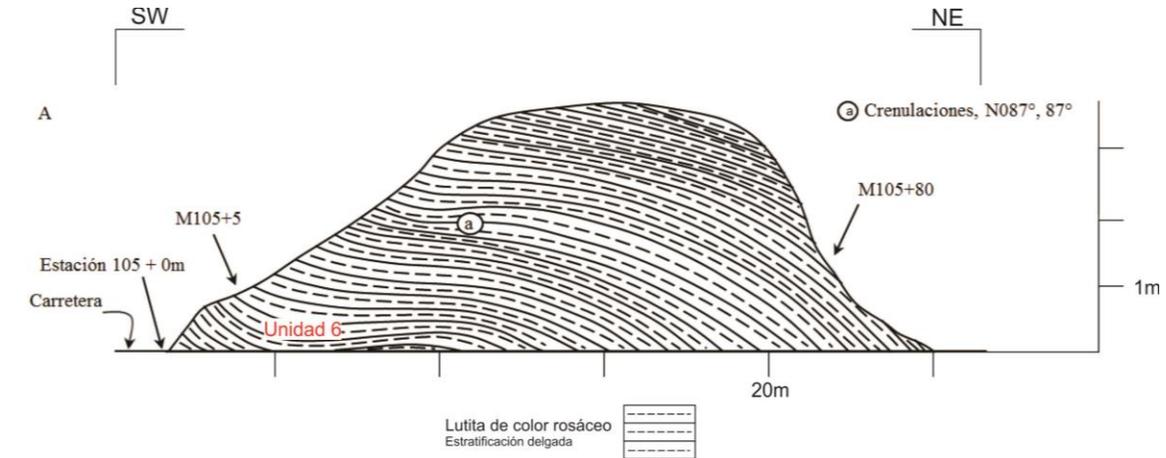


Figura 84. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 105+0 m hasta la estación 106+0 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 90 m y tiene una altura de 3.5 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos es variable de oeste a este formando una pequeña sinforma al oeste y una antiforma al este, además, se observan crenulaciones, fracturamiento y fracturas de gran espesor rellenas de calcita. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de forma abrupta de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

se observan crenulaciones, fracturamiento y fracturas de gran espesor rellenas de calcita. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se incrementa de forma abrupta de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 85. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 105. Cabe destacar que este afloramiento se encuentra en el puerto que separa al poblado de “La Peñita” con el rancho “El venadito”.



Figura 86. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando una fractura de gran espesor rellena de calcita en la estación 106+0 m.



Figura 87. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando el afloramiento expuesto al final de la estación 105. Se aprecian en este afloramiento las imbricaciones tectónicas, mismas que evidencian un tectonismo fuerte de tipo transpresivo.

Estación 106–107: 14005–14228 m, visual: N098°, pendiente: -03°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varía a lodolita calcárea, así como dos horizontes (**Figura 88**); uno de caliza wackestone de 0.40 m y otro de caliza carbonosa de 7 m de espesor (**Figura 89**), se observa un fuerte plegamiento a lo largo de estas dos estaciones,

se observa un anticlinal asimétrico el cual repite los paquetes líticos al sur del caminamiento (Figura 90). La actitud de los estratos es variable teniéndose de norte a sur: **N093°, SW83°**; **N091°, SW80°**; y **N087°, SE56°**. Las muestras colectadas para este trayecto son M106+60, M106+93, M106+105 y M106+170 (Figura 88, Lámina 16. C y D, Capítulo IV, columna VIII). El afloramiento presenta fracturas rellenas de calcita orientadas **N170°, SW72°** y **N340°, NE10°**. En la estación 106+30 m se localiza una cañada orientada **N030°**, la cual corre al norte (Anexo I).

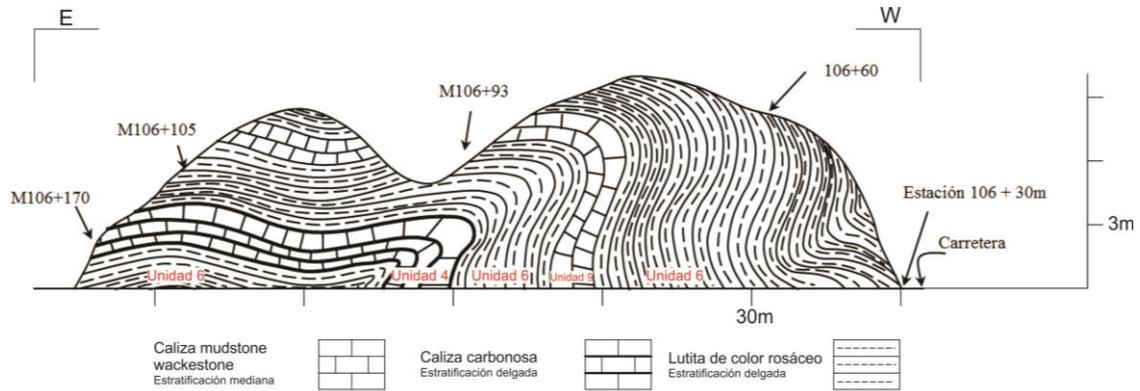


Figura 88. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 106+30 m hasta la estación 107+0 m (se encuentra al suroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 170 m y tiene una altura de 11 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación cambió ligeramente; se observa que el paquete principal consiste en lutita de color rosáceo y contiene algunas variaciones en lodolita calcárea así como un horizonte de caliza wackestone de 0.40 m y otro de caliza carbonosa de 7 m de espesor, se observa un ligero plegamiento hacia la parte central del afloramiento formando una especie de antiforme recumbente. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de norte a sur. El afloramiento fue observado de forma orientada.



Figura 89. Fotografía de campo con orientación E-W, viendo al sur, mostrando el afloramiento expuesto al final de la estación 106. Se observa el horizonte de caliza wackestone y de caliza carbonosa.



Figura 90. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, montando la sucesión estratigráfica expuesta en el intervalo de las estaciones 106+0 m a 107+0 m. Nótese la cañada que separa el intervalo en dos partes, al mismo tiempo que se observa el plegamiento de la secuencia estratigráfica (**Figura 88**).

Estación 107–108: 14228–14311 m, visual: N155°, pendiente: -03°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varía a lodolita calcárea, la actitud general de los estratos es **N085°, SE70°** (**Figuras 91 y 92**). La muestra colectada para este sector es M107+19 (**Figura 93, Lámina 17. A, Capítulo IV, columna VIII**).

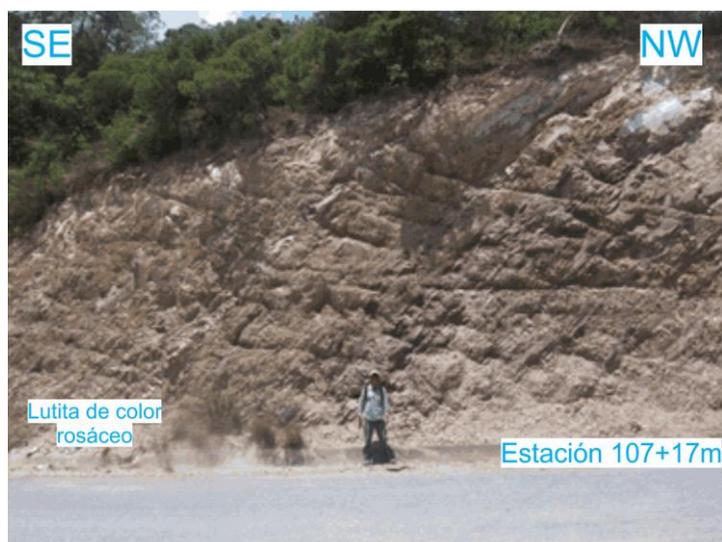


Figura 91. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 107, 108 y 109.

Estación 108–109: 14311–14361 m, visual: N205°, pendiente: -03°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.02 hasta 0.06 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente la lodolita es calcárea, y se observa un horizonte

de caliza wackestone de 0.40 m espesor, la actitud general de los estratos es **N080°, SE72°** (Figura 91). Las muestras colectadas para este sector son M108+17 y M108+43 (Figura 93, Lámina 17. B, Capítulo IV, columna VIII). En la estación 108+24 m se localiza el poste del km 6 de la carretera NL 192 (Anexo I).

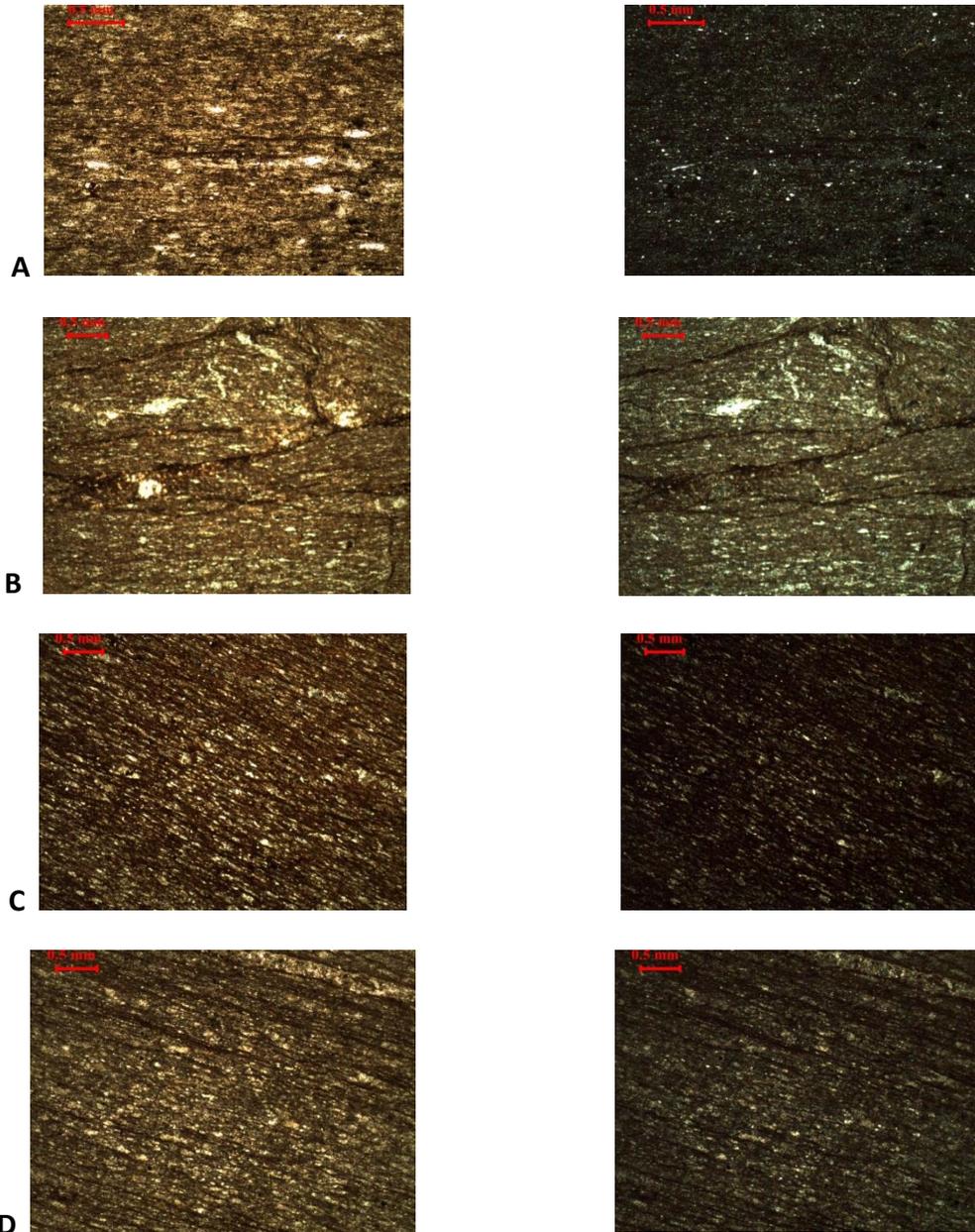


Lámina. 16. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M104+125 (4x), lodolita calcárea rica en materia orgánica. **B.** Muestra M105+5 (2.5x), lutita de color rosáceo ligeramente arenosa, se muestra el alto contenido de materia orgánica, asimismo se muestra la imbricación de los componentes –laminación-. **C.** Muestra M106+60 (2.5x), lutita de color rosáceo calcárea y laminación. **D.** Muestra M106+170 (2.5x), lutita de color rosáceo calcárea y laminación.

Estación 109–110: 14361–14411 m, visual: N255°, pendiente: -04°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03 hasta 0.06 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figura 92**), localmente varia a lodolita calcárea, la actitud general de los estratos es **N084°, SE71°**. La muestra colectada para este sector es M109+21 (**Figura 93**, **Lámina 17. C**, **Capítulo IV**, **columna VIII**).



Figura 92. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 108 a 109. La actitud de la lodolita calcárea se mantiene al sur.

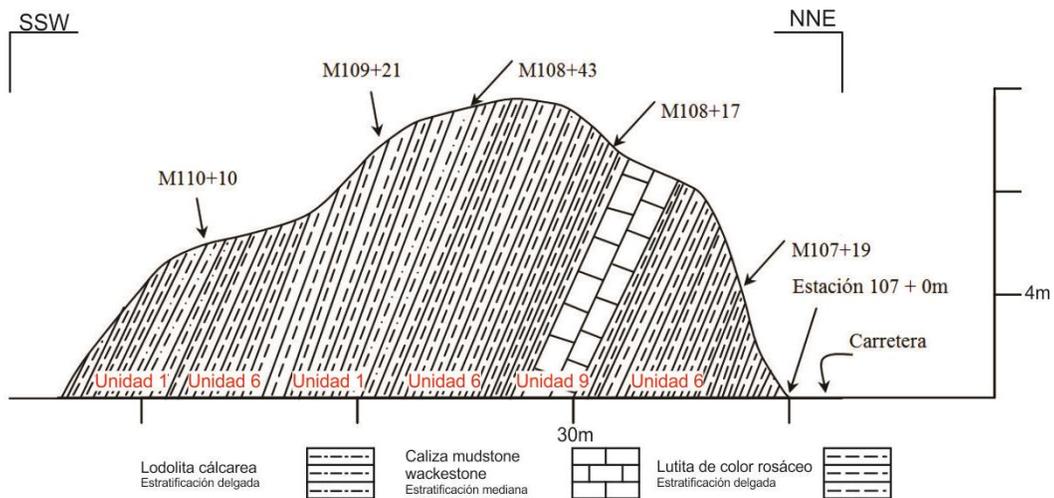


Figura 93. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 107+0 m hasta la estación 111+0 m (se encuentra al oeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 100 m y tiene una altura de 12 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación cambio ligeramente; se observa que el paquete principal consiste en lutita de color rosáceo y contiene algunas variaciones en lodolita calcárea así como un horizonte de caliza wackestone de 0.40 m, la actitud general de los estratos se mantiene constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de norte a sur. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 110–111: 14411–14438 m, visual: N204°, pendiente: -04°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca (**Figura 92**), localmente varia a lodolita calcárea, la actitud general de los estratos es **N084°, SE72°**. La muestra colectada para este sector es M110+10 (**Figura 93, Lámina 17. D, Capítulo IV, columna VIII**).

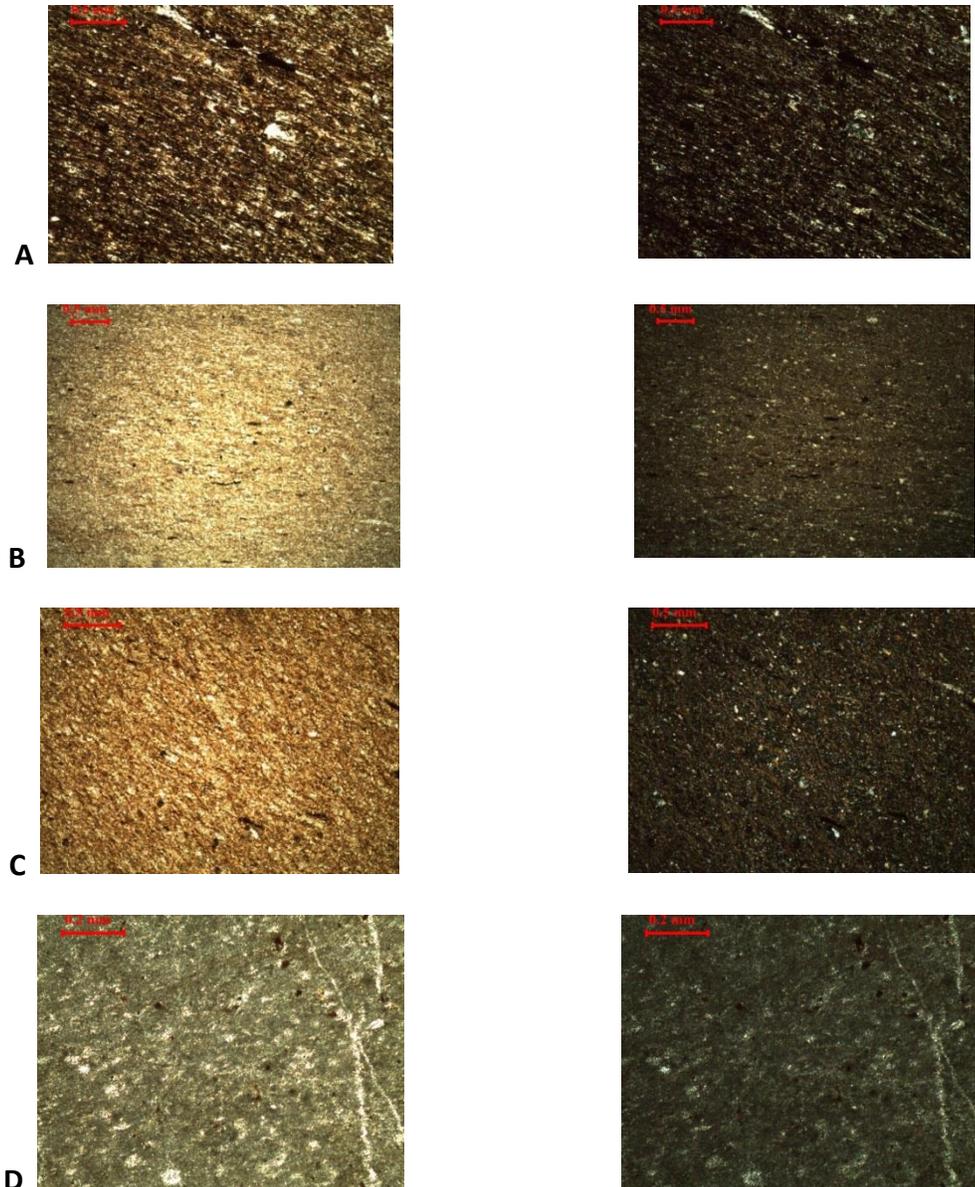


Lámina. 17. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M107+19 (4x), lutita de color rosáceo, arenosa, con materia orgánica, así como laminación. **B.** Muestra M108+17 (2.5x), lutita de color rosáceo ligeramente arenosa, con materia orgánica diseminada. **C.** Muestra M109+21 (4x), lutita de color rosáceo, con materia orgánica y laminación. **D.** Muestra M110+10 (10x), lutita de color rosáceo calcárea y mínima orientación de los componentes (laminación).

Estación 111–112: 14438–14488 m, visual: N114°, pendiente: -07°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03 hasta 0.06 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varia a lodolita calcárea (**Figuras 94 y 95**), la actitud general de los estratos es **N075°, SE53°**. La muestra colectada para este sector es M111+41 (**Figura 94, Lámina 18. A, Capítulo IV, columna VIII**). En la estación 111+0 m se localiza una cañada orientada N090°, corre al este (**Anexo I**).

Estación 112–113: 14488–14538 m, visual: N088°, pendiente: -07°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varia a lodolita calcárea (**Figura 95**), la actitud general de los estratos es **N077°, SE50°**. La muestra colectada para este trayecto es M112+32 (**Figura 94, Lámina 18. B, Capítulo IV, columna VIII**).

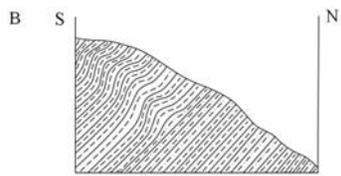
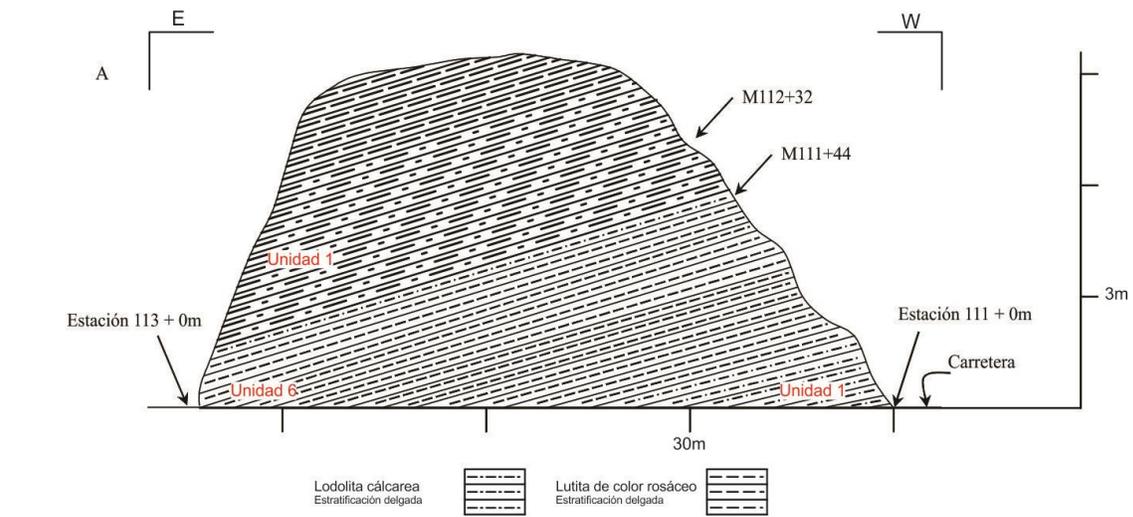


Figura 94. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 111+0 m hasta la estación 113+0 m (se encuentra al sureste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 100 m y tiene una altura de 10 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación cambio ligeramente; el paquete principal consiste en lutita de color rosáceo y contiene algunas variaciones en lodolita calcárea, la actitud general de los estratos se mantiene constante aunque se muestra un plegamiento muy suave (local) en la parte central y superior del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de suroeste a noreste. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 95. Fotografía de campo con orientación W-E, viendo al norte, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 112.

Estación 113–114: 14538–14697 m, visual: N053°, pendiente: -05°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03 hasta 0.06 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varía a lodolita calcárea con dos horizontes; uno de caliza carbonosa de 7 m y otro de caliza wackestone de 0.40 m de espesor. La actitud de los estratos es variable teniéndose de sur a norte: **N079°, SE40°**; **N080°, SE30°**; y **N080°, SE29°** (**Figuras 96 y 97**). Las muestras colectadas para este trayecto son M113+0, M113+53, M113+109 y M113+148 (**Figura 96, Lámina 18. C, Capítulo IV, columna VIII**). En la estación 113+0 m se localiza una cañada orientada N027°, corre al norte, en 113+145 m se localiza una cañada orientada N000°, corre al norte (**Anexo I**).

Estación 114–115: 14697–14874 m, visual: N083°, pendiente: -05°

Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varía a lodolita calcárea, la actitud de los estratos al inicio del afloramiento es **N081°, SE30°**, y al final es **N084°, SE70°**, lo cual indica que se observa un ligero plegamiento hacia la estación 115. Las muestras colectadas para este sector son M114+12, M114+46 y M114+133 (**Figura 98, Lámina 18. D, Capítulo IV, columna VIII**).

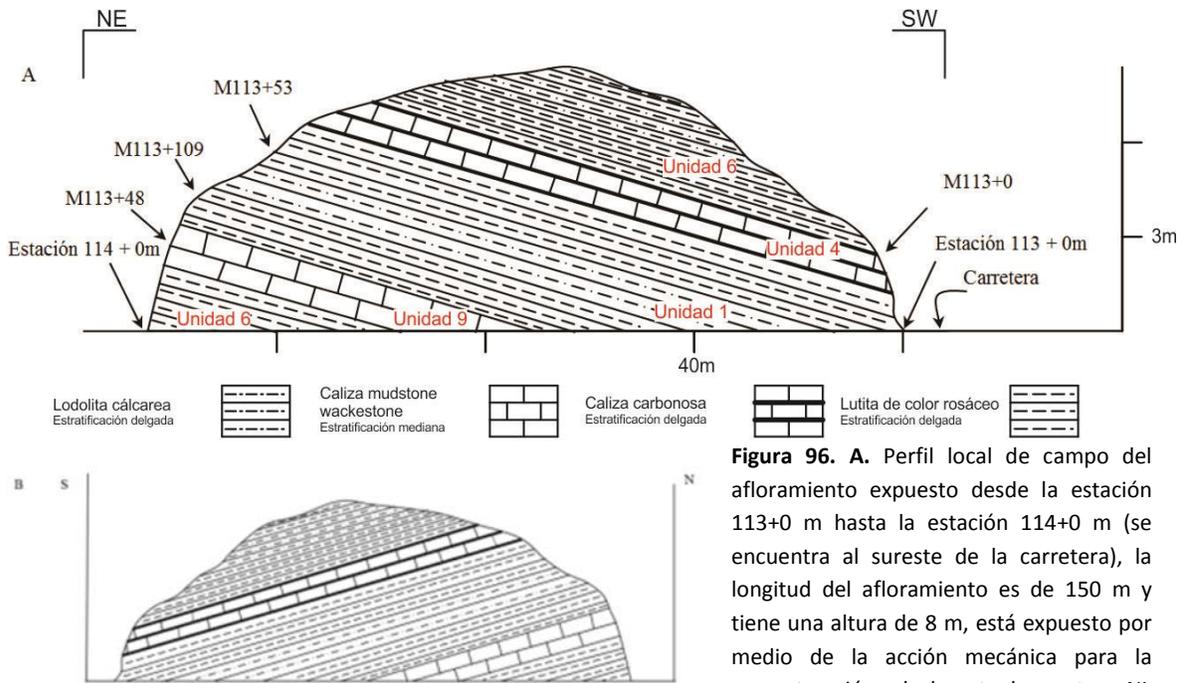


Figura 97. Fotografía de campo con orientación NE-SW, viendo al SE, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 113.

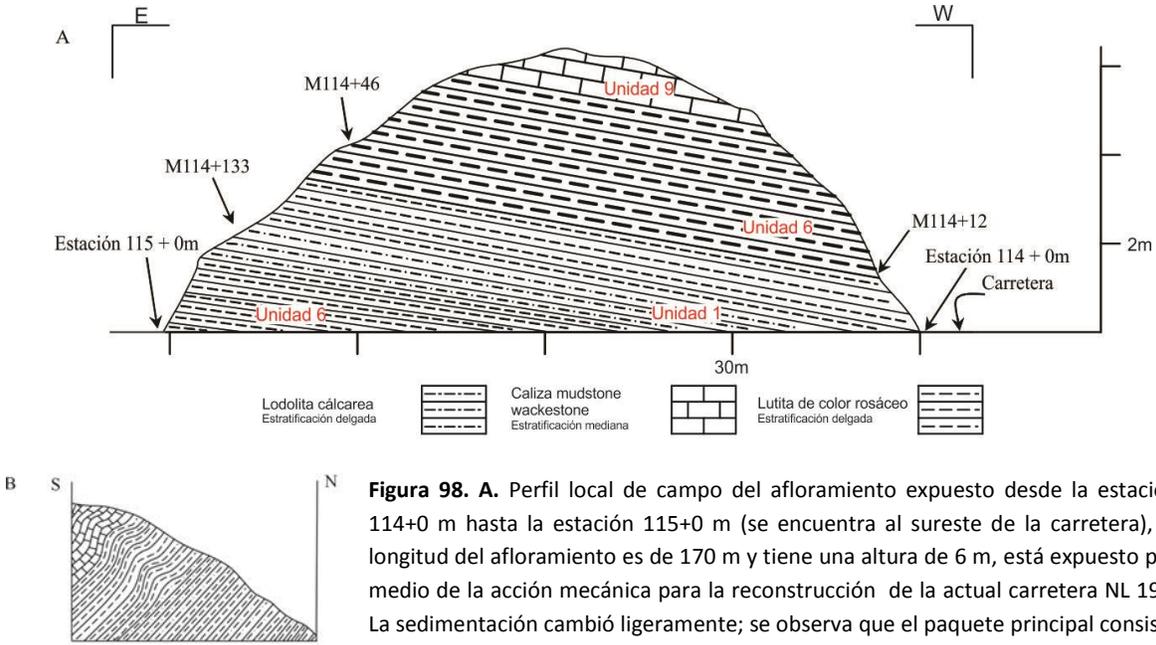


Figura 98. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 114+0 m hasta la estación 115+0 m (se encuentra al sureste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 170 m y tiene una altura de 6 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación cambió ligeramente; se observa que el paquete principal consiste en lutita de color rosáceo y contiene algunas variaciones de lodolita calcárea y

hacia la parte superior del afloramiento se observa un horizonte de caliza wackestone de 0.40 m espesor, la actitud general de los estratos se mantiene constante aunque se observa que al noreste los estratos están ligeramente plegados. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de suroeste a noreste. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 115–116: 14874–14907 m, visual: N035°, pendiente: -03°

Intervalo cubierto por aluvión. De la estación 115 a 116 se observa un puente (**Anexo I**).

Estación 116–117: 14907–15032 m, visual: N075°, pendiente: -04°

En la estación 116+0 m al arroyo se observa un afloramiento de 15 m de longitud en el cual aflora un paquete homogéneo de lutita de color rosáceo (**Tabla III**), con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03 hasta 0.06 m, el color de este paquete es rosáceo en superficie intemperizada y de color pardo rosáceo en superficie fresca, localmente varía a lodolita calcárea de estratificación muy delgada y contiene dos horizontes de lutita compacta, arenosa de estratificación delgada, las cuales contienen nódulos pequeños de caliza (de 0.03 m de diámetro, **Figuras 99 y 100**), la actitud general de los estratos es **N084°, SE70°**. Las muestras colectadas para este sector son M116+0 y M116+5 (**Figura 99, Lámina 19. A, Capítulo IV, columna VIII**). En la estación 115+20 m se localiza una cañada orientada N110°, corre al sureste (**Anexo I**). En el intervalo de 15 a 125 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo rosáceo (probable paquete de lutita de color rosáceo). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 116+50 m, la brecha al rancho “El Venadito” (**Anexo I**).

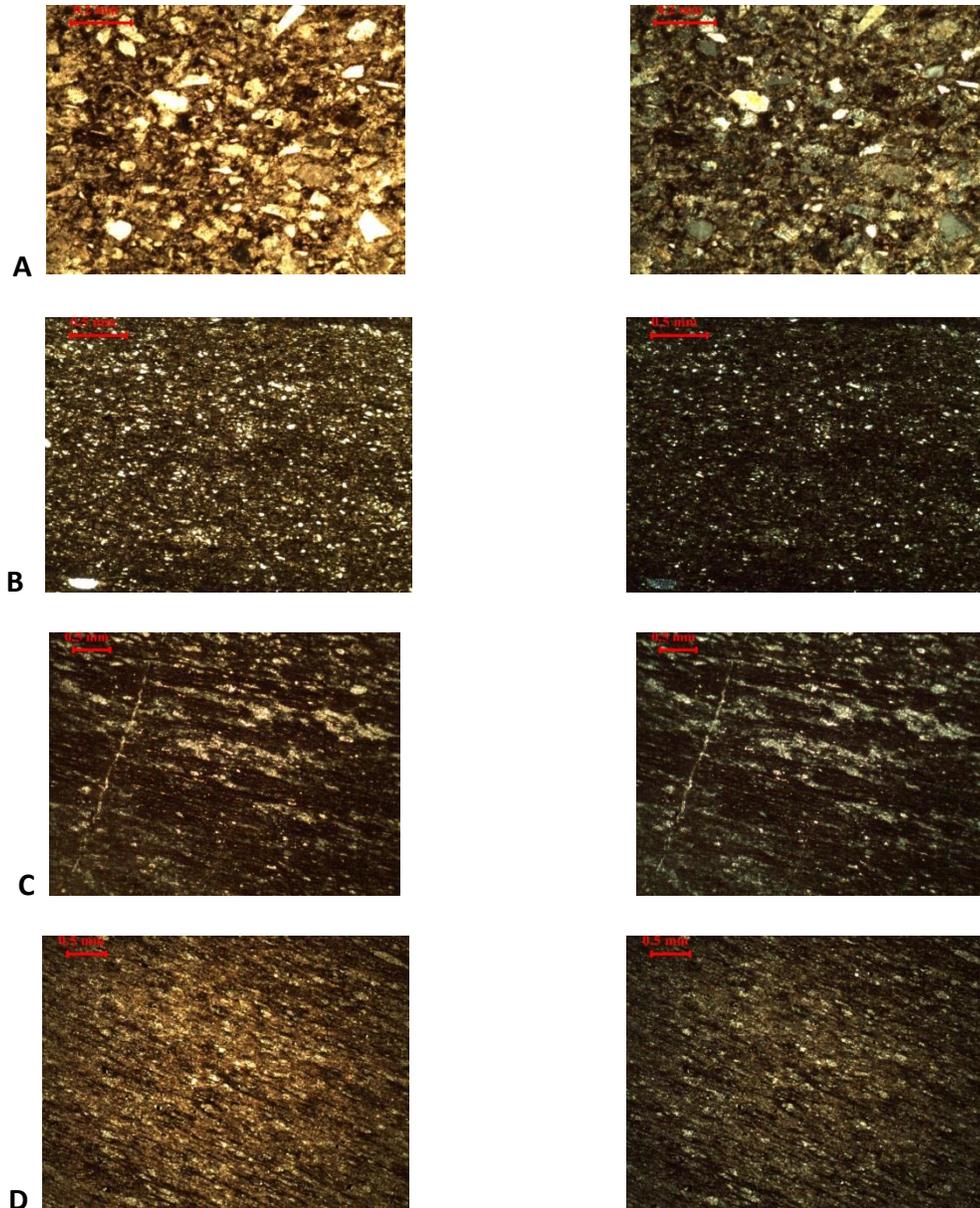


Lámina. 18. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M111+41 (10x), lutita de color rosáceo, arenosa, con materia orgánica. **B.** Muestra M112+32 (4x), lutita de color rosáceo, ligeramente arenosa, con alto contenido en materia orgánica ligeramente laminada. **C.** Muestra M113+53 (2.5x), lutita de color rosáceo, ligeramente arenosa, con alto contenido en materia orgánica con laminación muy marcada. **D.** Muestra M114+46 (2.5x), lutita de color rosáceo, arenosa, con alto contenido en materia orgánica ligeramente laminada.

Estación 117–118: 15032–15172 m, visual: N105°, pendiente: -04°

Paquete homogéneo de caliza mudstone a wackestone, con estratificación de delgada mediana (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.20, 0.27 hasta 0.50 m, el color de este paquete es pardo grisáceo en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca. Se observa en muestra de mano que contiene

foraminíferos. La actitud general de los estratos es **N110°, SW55°**. La muestra colectada para este sector es M117+98 (**Figuras 101 y 102, Lámina 19. B, Capítulo IV, columna IX**). El afloramiento presenta fuerte deformación que se ve reflejada en la formación de crenulaciones, también se observan fracturas rellenas de calcita orientadas **N280°, NE20° y N345°, NE50°**. En este sector los estratos se ven ligeramente a rumbo (**Figura 101**).

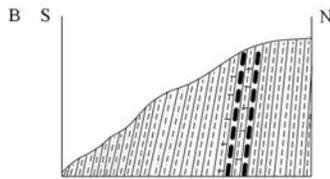
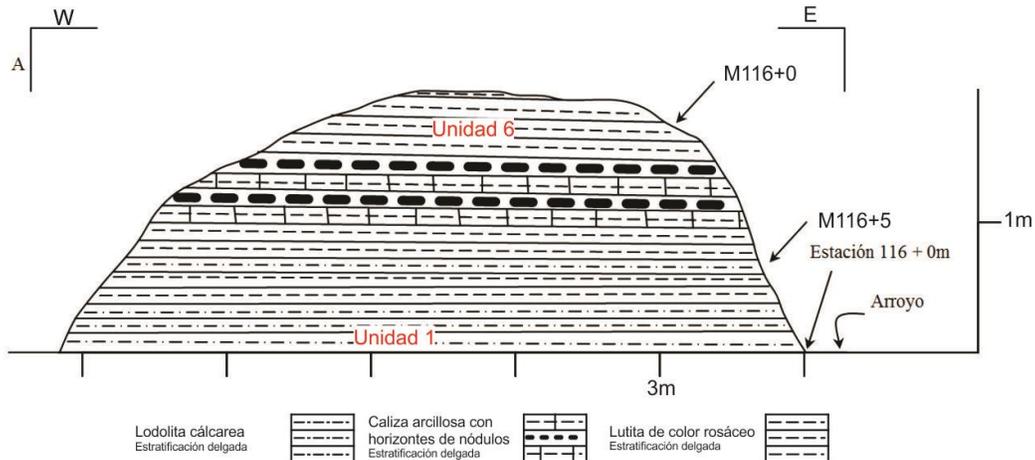


Figura 99. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 116+0 m (se encuentra al norte de la carretera, al nivel del arroyo), la longitud del afloramiento es de 15 m y tiene una altura de 2 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo y del arroyo. La sedimentación cambio ligeramente; el paquete principal consiste en lutita de color rosáceo y contiene algunas variaciones en lodolita calcárea y lutita compacta, arenosa (estas últimas contienen nódulos de caliza). La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 100. Fotografía de campo con orientación W-E, viendo al norte, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 116. Se observan pequeños nódulos de caliza dentro de un paquete de lutita de color rosáceo.



Figura 101. Fotografía de campo con orientación W-E, viendo al norte, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 117 a 118. Se observan algunas crenulaciones, mismas que evidencian el fuerte tectonismo de la zona.

Estación 118–119: 15172–15329 m, visual: N082°, pendiente: -04°

Paquete homogéneo de caliza mudstone a wackestone, con estratificación de delgada a mediana (**Tabla III**), paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.20, 0.27 hasta 0.70 m, el color de este paquete es pardo grisáceo en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es **N105°, SW80°**. La muestra colectada para este sector es M118+139 (**Figura 102, Lámina 19. C, Capítulo IV, columna IX**). El afloramiento presenta fuerte deformación que se ve reflejada en la formación de crenulaciones (**Figura 103**), asimismo hay presencia de fracturas rellenas de calcita orientadas **N280°, NE20°** y **N345°, NE50°**. En este sector los estratos se ven ligeramente a rumbo. En la estación 118+126 m se localiza el poste del km 5 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

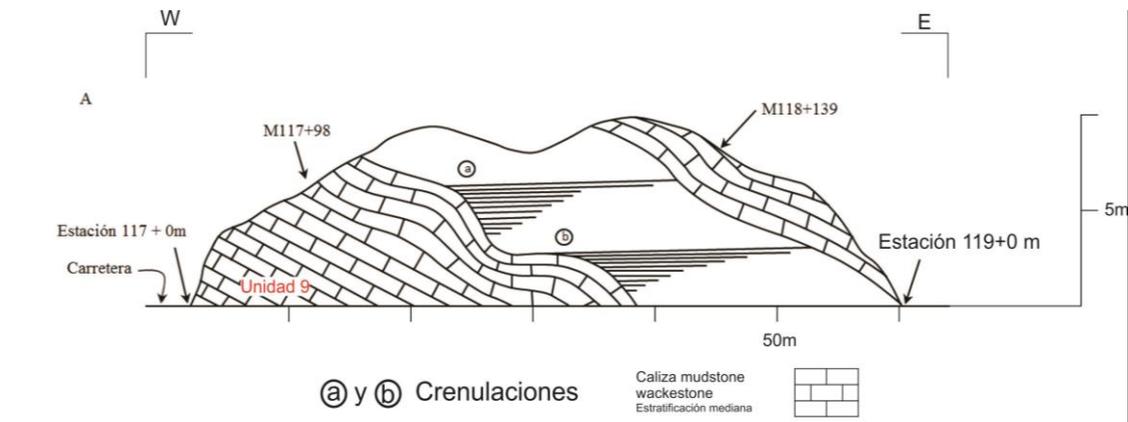


Figura 102. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto desde la estación 117+0 m hasta la estación 119+0 m (se encuentra al norte de la carretera), la longitud del afloramiento es de 250 m y tiene una altura de 10 m, está expuesto por medio de la acción mecánica para la reconstrucción de la actual carretera NL 192. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos varía de oeste a este teniéndose una mayor inclinación hacia la parte final del afloramiento, se observan crenulaciones y fracturamiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de oeste a este. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.



Figura 103. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 117 a 118. Se observa el paquete lítico de caliza wackstone mismo que contiene crenulaciones, resultado de la fuerte actividad tectónica.

Estación 119–120: 15329–15379 m, visual: N052°, pendiente: -04°

En el intervalo de 0 a 26 m aflora un paquete homogéneo de caliza mudstone a wackstone, con estratificación de delgada a mediana (**Tabla III**), paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.20, 0.27 hasta 0.70 m, el color de este paquete es pardo grisáceo en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos al inicio del afloramiento es **N107°, SW79°**, y al final **N105°, SW81°**. La muestra colectada para este sector es M119+21 (**Figura 104**). El afloramiento presenta fuerte deformación que se ve reflejada en la presencia de fracturas rellenas de calcita orientadas **N278°, NE21°** y **N343°, NE52°**. En el intervalo de 26 a 50 m se encuentra cubierto por un aluvión de color pardo claro (posible paquete de caliza mudstone a wackstone).

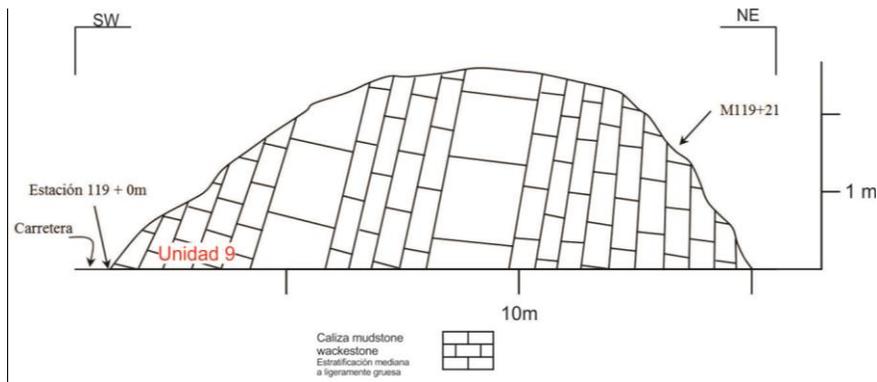


Figura 104. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 119+0 m (se encuentra al noreste de la carretera), el espesor de los estratos varía de mediano a delgado, la longitud del afloramiento es de 26 m y tiene una altura de 2.5 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación fue continua, la actitud de los estratos se mantiene a lo largo del afloramiento. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de sur a norte. El afloramiento fue observado de forma orientada.

Estación 120–121: 15379–15501 m, visual: N025°, pendiente: -07°

El intervalo de 0 a 90 m se encuentra cubierto por aluvi3n de color pardo claro (posible paquete de caliza mudstone a wackestone, **Tabla III**). De 90 a 122 m aflora un paquete homog3neo de lutita de color ros3ceo, con estratificaci3n de muy delgada a delgada, paralela y continu3a, el espesor de los estratos var3a de 0.03 hasta 0.06 m, el color de este paquete es ros3ceo en superficie intemperizada y de color pardo ros3ceo en superficie fresca, localmente varia a lodolita calc3rea de estratificaci3n muy delgada y horizontes de lutita compacta, arenosa de estratificaci3n delgada, con abundantes horizontes mic3ceos, la actitud general de los estratos al inicio del afloramiento es **N095°, SW57°**, y al final es **N099°, SW40°**, lo cual indica un plegamiento de las unidades hacia la parte norte, de igual forma se observa una estructura de imbricaci3n y una peque3a falla local normal en la parte media del afloramiento (**Figuras 105 y 106**). Hay fracturamiento relleno de calcita con orientaci3n **N280°, NE60° y N300°, NE82°**, tambi3n se identific3 una falla normal que desplaza 3 estratos, asimismo se observaron imbricaciones tect3nicas (**Figura 106**). Las muestras colectadas para este sector son M120+97, M120+103 y M120+111 (**Figura 105, L3mina 19. D**).

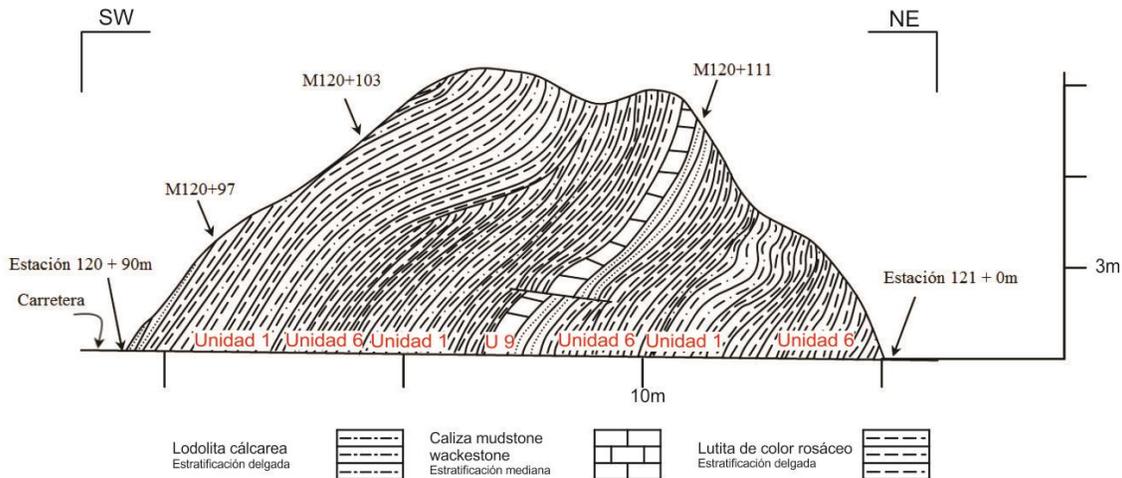


Figura 105. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estaci3n 120+90 m (se encuentra al noroeste de la carretera), la longitud del afloramiento es de 32 m y tiene una altura de 9 m, est3 expuesto por medio de la acci3n mec3nica para la reconstrucci3n de la actual carretera NL 192. La sedimentaci3n cambio ligeramente ya que el paquete principal es de lutita de color ros3ceo y se observa una variaci3n m3nima en lodolita calc3rea, se observa un horizonte de caliza, la actitud de los estratos var3a de sur a norte teni3ndose una menor inclinaci3n hacia la parte final del afloramiento hacia la estaci3n 121, de igual forma se observa que se observan estructuras de imbricaci3n de estratos, fracturamiento relleno de calcita y una peque3a falla normal. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento disminuye de forma abrupta de sur a norte. El afloramiento fue observado de forma orientada.

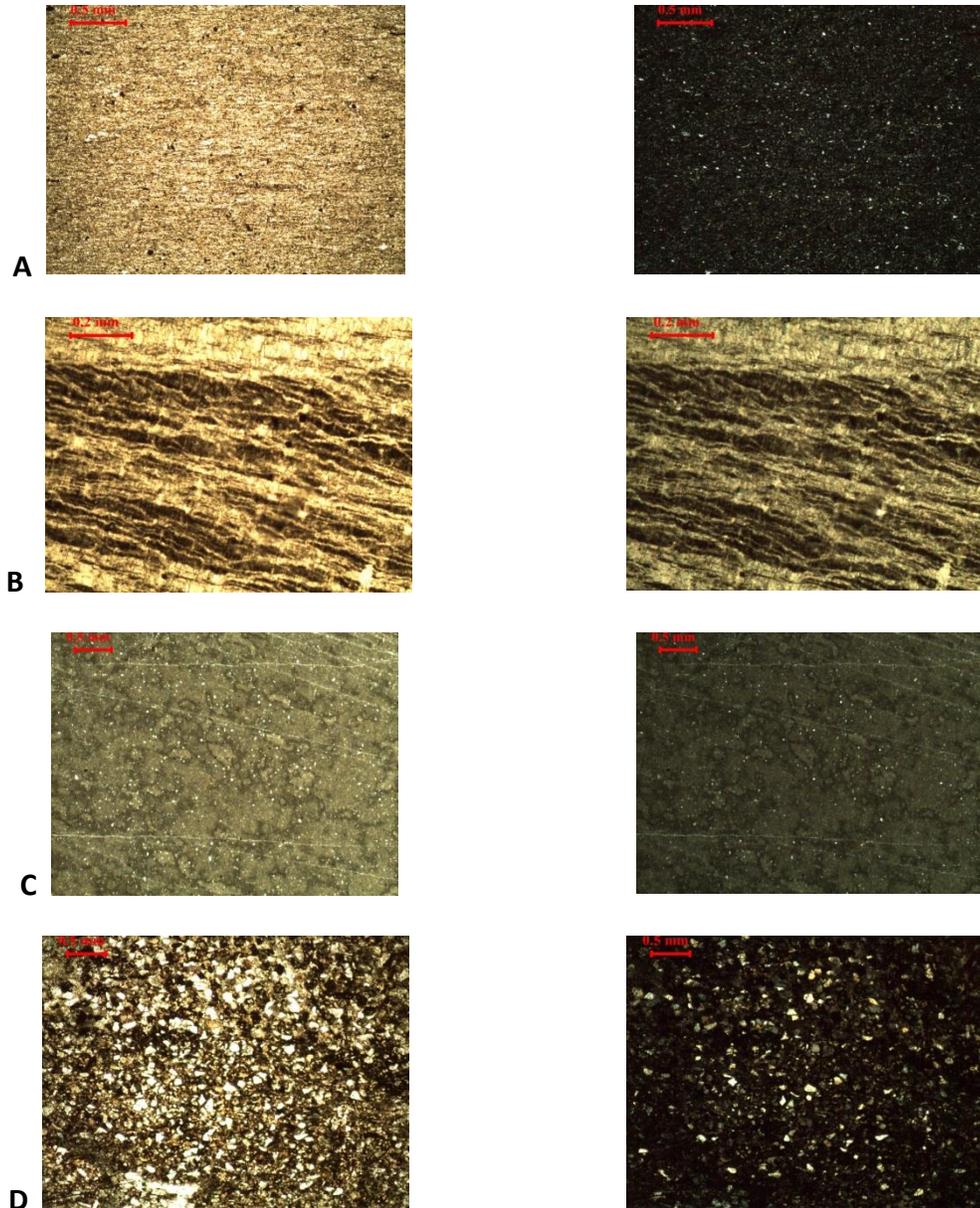


Lámina. 19. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M116+5 (4x), lutita de color rosáceo con un poco de materia orgánica. **B.** Muestra M117+98 (10x), caliza mudstone a wackestone carbonosa. **C.** Muestra M118+139 (2.5x), caliza mudstone a wackestone ligeramente carbonosa. **D.** Muestra M120+97 (2.5x), lutita de color rosáceo, arenosa, con materia orgánica evidente, sin laminación aparente.

Estación 121–122: 15501–15560 m, visual: N095°, pendiente: -07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**).



Figura 106. Fotografía de campo con orientación SW-NE, viendo al NW, mostrando el afloramiento expuesto en la estación 120+90 m. Nótese el fuerte tectonismo de la zona, dando como resultado un fuerte fracturamiento y una estructura de imbricación al SW.

Estación 122–123: 15560–15760 m, visual: N078°, pendiente: -07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**). En la estación 122+0 m empieza el cauce de un pequeño río con tendencia N090° (E-W).

Estación 123–124: 15760–16142 m, visual: N099°, pendiente: -07°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**).

Estación 124–125: 16142–16277 m, visual: N068°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**). En la estación 124+30 m se localiza el poste del km 4 de la carretera NL 192 (**Anexo I**).

Estación 125–126: 16277–16403 m, visual: N100°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**).

Estación 126–127: 16403–16675 m, visual: N090°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**).

Estación 127–128: 16675–16775 m, visual: N067°, pendiente: -05°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**). Al norte de la carretera se localiza, en la estación 127+40 m, la quinta de Carlos García, y al norte de la carretera se localiza, en la estación 127+80 m, la quinta de Oscar Lumbrera (**Anexo I**).

Estación 128–129: 16775–16917 m, visual: N075°, pendiente: 0°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**). En la estación 128+0 m se localiza una cañada orientada N020°, corre al norte (**Anexo I**), asimismo se observa un puente, al norte de la carretera se localiza, en la estación 128+75 m, la quinta “Los Arbolitos”, mientras en la parte sur se localiza la quinta “El Saucito” (**Anexo I**).

Estación 129–130: 16917–17017 m, visual: N088°, pendiente: -02°

Intervalo cubierto por aluvión de color pardo rosáceo y gris claro, está formado de clastos de caliza gris en la totalidad del trayecto (posible paquete de lutita de color rosáceo, **Tabla III**). Al sur de la carretera se localiza, en la estación 129+0 m, la quinta de Omar García (**Anexo I**).

Estación 130–131: 17017–17217 m, visual: N067°, pendiente: -02°

En el intervalo de 0 a 20 m aflora un paquete homogéneo de caliza arcillosa (**Tabla III**), con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.17, 0.24 hasta 0.33 m, el color de este paquete es pardo oscuro en superficie intemperizada y de color gris oscuro en superficie fresca. Se cuenta hacia la parte este de la carretera con un pequeño espesor de 0.30 m de lutita compacta, arenosa de estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.06 hasta 0.10 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco, en superficie fresca es de color pardo oscuro, la actitud general de los estratos es **N090°, SE38°**. Las muestras colectadas para este sector son M130+0 y M130+10 (**Figura 107, Lámina 20. A y B**). De 20 a 200 m se encuentra cubierto por aluvión de color pardo, está formado de clastos de arenisca y de lutita compacta, arenosa (posible paquete de lutita compacta, arenosa). De la estación 130+50 m hasta 130+150 m se observa un tramo de la carretera en reparación, en 130+80 m, al norte de la carretera se localiza la casa de Jesús Treviño y Lorena García (**Anexo I**).

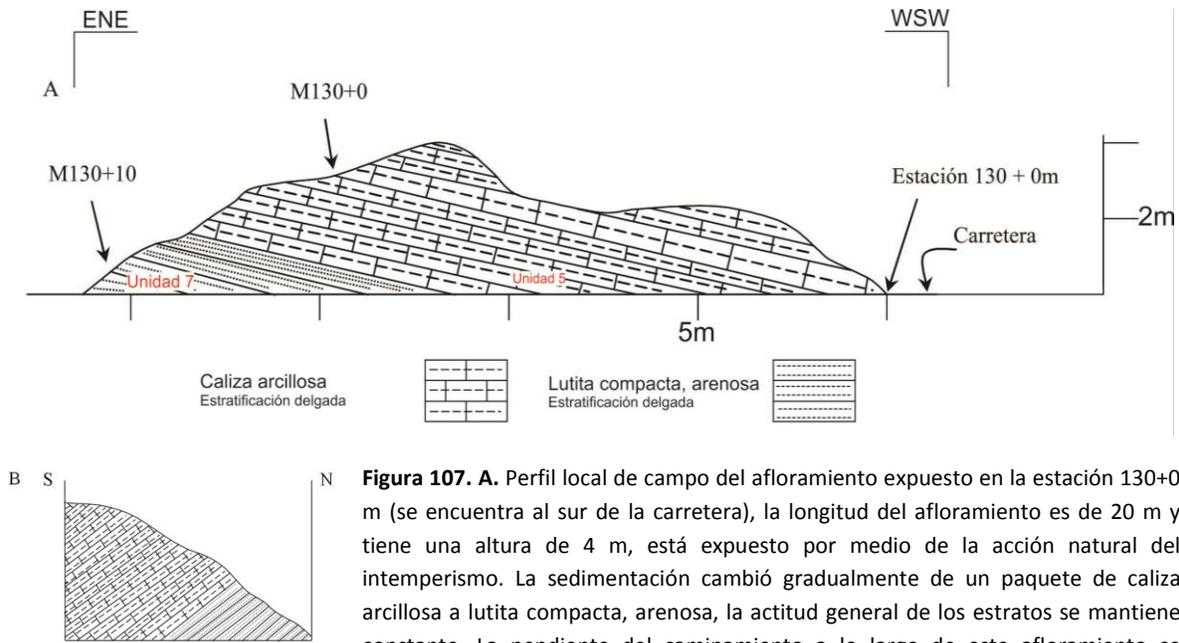


Figura 107. A. Perfil local de campo del afloramiento expuesto en la estación 130+0 m (se encuentra al sur de la carretera), la longitud del afloramiento es de 20 m y tiene una altura de 4 m, está expuesto por medio de la acción natural del intemperismo. La sedimentación cambió gradualmente de un paquete de caliza arcillosa a lutita compacta, arenosa, la actitud general de los estratos se mantiene constante. La pendiente del caminamiento a lo largo de este afloramiento se mantiene horizontal. **B.** Perfil local de campo mostrando el mismo afloramiento orientado N-S.

Estación 131–132: 17217–17491 m, visual: N97°, pendiente: -03°

Los intervalos de 0 a 60 m y de 80 a 274 m están cubiertos por aluvión de color pardo oscuro de clastos pequeños de lutita compacta, arenosa (posible paquete de lutita compacta, arenosa, **Tabla III**). De 60 a 80 m aflora un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06 hasta 0.09 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco en superficie intemperizada y de color pardo oscuro en superficie fresca, la actitud general de los estratos es **N085°, SE30° (Figura 109)**. La muestra colectada de este afloramiento es M131+60 (**Figura 108, Lámina 20. C**). En la estación 131+20 m se localiza el poste del km 3 de la carretera NL 192, en 131+274 m al norte de la carretera se localiza la brecha al rancho “El Cilantrillo”, en la estación 132+0 m termina el caminamiento para el análisis estratigráfico-estructural (**Anexo I**).

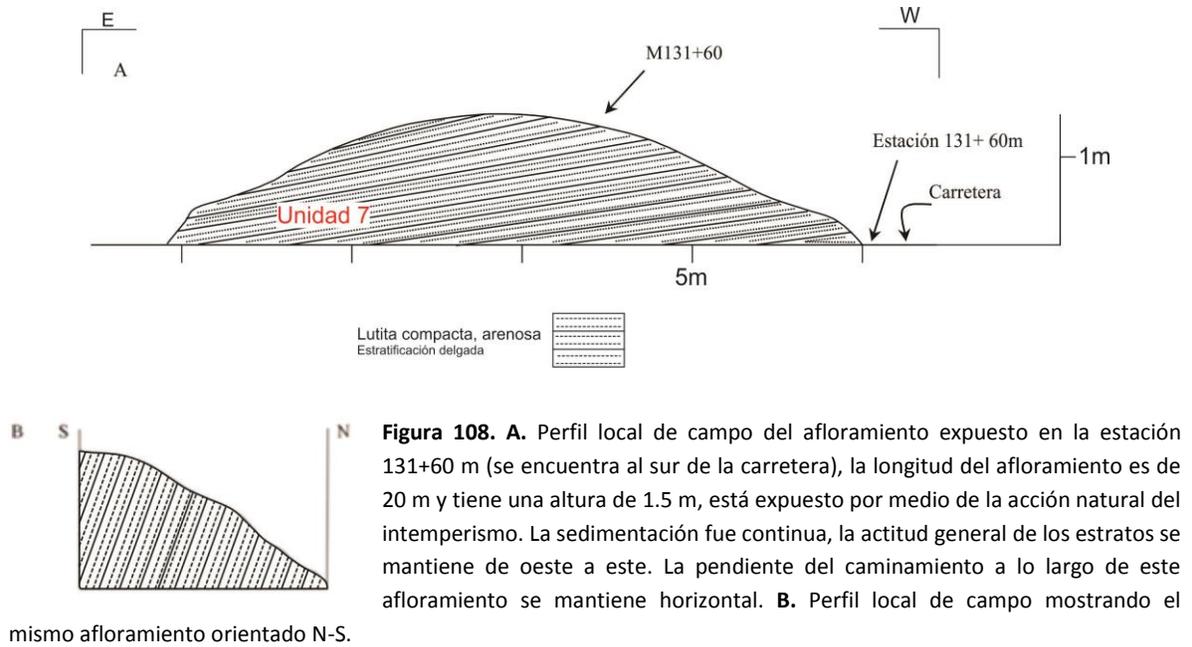


Figura 109. Fotografía de campo con orientación SE-NW, viendo al SW, mostrando el afloramiento expuesto en el intervalo de las estaciones 131 a 132. Se muestra el paquete de lutita compacta, arenosa de color pardo claro, el afloramiento está fuertemente alterado, no obstante, se pueden observar las características del mismo.

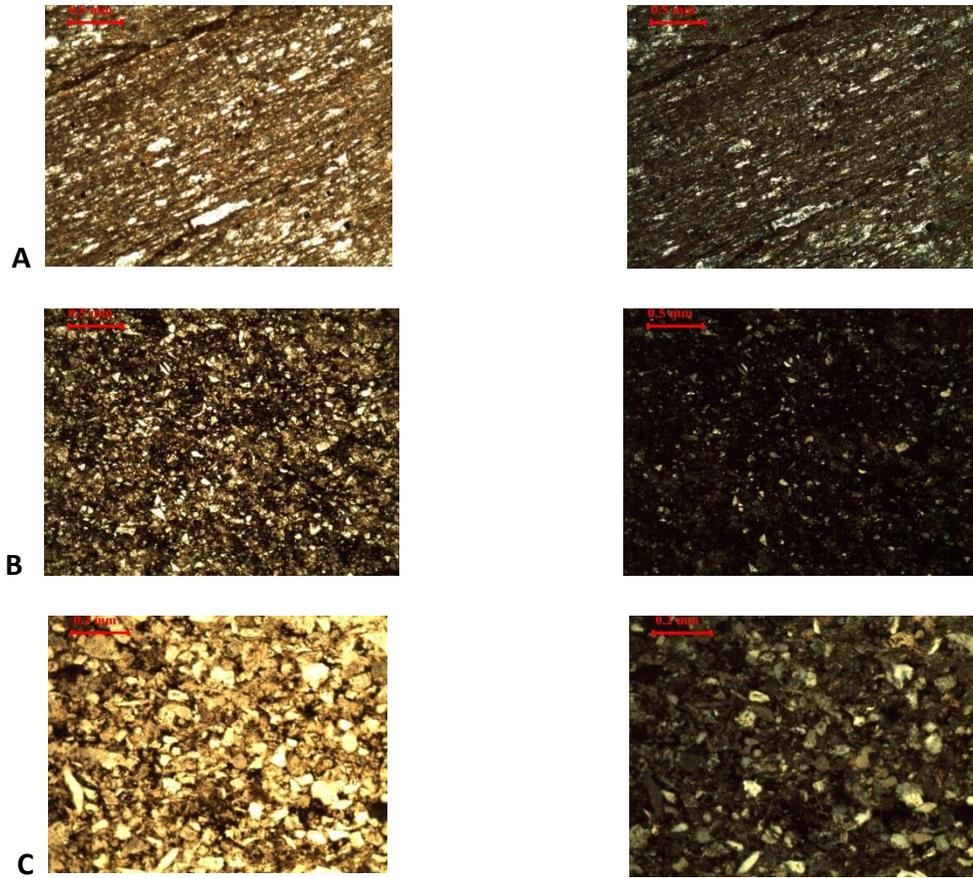


Lámina. 20. Fotomicrografías de láminas delgadas. **A.** Muestra M130+0 (4x), caliza arcillosa con materia orgánica y laminación. **B.** Muestra M130+10 (4x), lutita compacta, arenosa, con abundante materia orgánica, sin laminación. **C.** Muestra M131+60 (10x), lutita compacta, arenosa, con abundante materia orgánica, sin laminación.

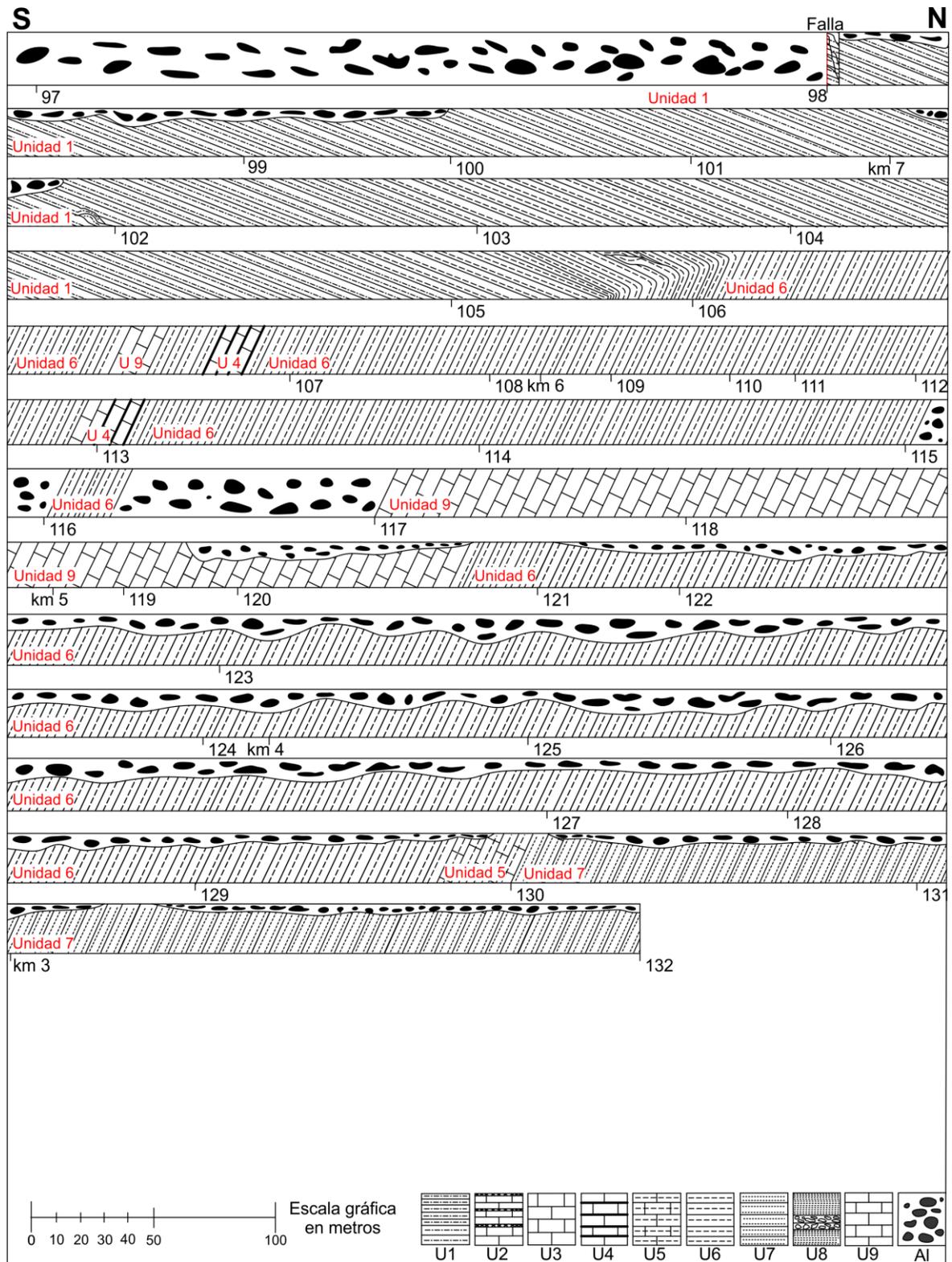


Tabla III. Perfil compuesto de los afloramientos expuestos en el intervalo comprendido por las estaciones 96+70 m y 132+0 m.

Capítulo

III

Unidades Líticas

Capítulo III. Unidades Líticas

En base al análisis de las características físicas observadas en el campo a lo largo de todo el levantamiento estratigráfico-estructural realizado entre “la guardarraya” y el rancho “El Cilantrillo” sobre la carretera NL 192, se reconocieron 9 unidades líticas identificadas en un pliegue de tipo caja (**Figura 110**), las cuáles se describen a continuación.

Para la litocorrelación de las unidades líticas reconocidas se utilizó el trabajo de Longoria y Dávila (1979) titulado “Estratigrafía y Microfacies del Cerro de La Silla” dada su cercanía con el área de estudio, además de que la secuencia expuesta a lo largo de la carretera NL 192 es muy similar a la sección descrita por esos autores (op. cit.).

Formación San Felipe (Muir, 1936)

Esta formación consiste de una alternancia rítmica de caliza, lutita y marga calcárea, y algunos horizontes de bentonita, de color pardo claro a blancuzco al intemperismo. Se tienen capas gruesas y masivas (mayores a 1 metro) de caliza, de color gris oscuro a negro, debido a episodios de incremento de carbonatos en esta formación. En la parte superior de la formación la marga y la lutita se vuelven calcáreas con estratificación mediana a gruesa (10 a 40 cm) manteniendo la presencia de los horizontes delgados de bentonita (Muir, 1936).

Formación El Cercado (Longoria y Dávila, 1979)

Esta formación fue descrita en 1979 en las cercanías del Cerro de La Silla, consiste de un paquete monótono, alternante de caliza arcillosa de estratos delgados a medianos a masivos, caliza arenosa, y arenisca calcárea que alternan con margas y lutitas arenosas, las margas presentan una foliación notablemente marcada. Localmente las calizas y lutitas son ricas en materia orgánica (carbonosas) lo que les da una coloración negra. La Formación El Cercado puede alcanzar un espesor de más de 850 m. En general, esta unidad es pobre en microfósiles.

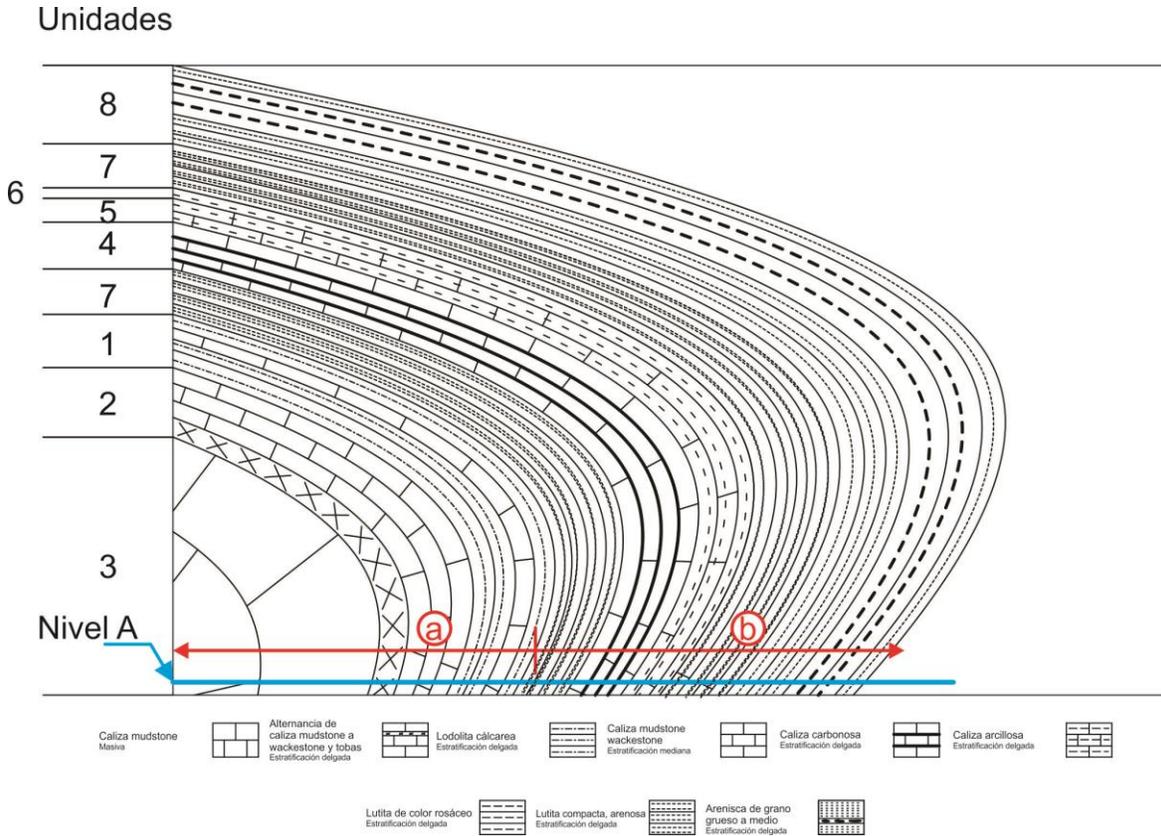


Figura 110. Representación esquemática de la relación y los contactos entre las 9 unidades líticas identificadas en el área de estudio, mismas que guardan un arreglo plegado debido a que la estructura en la cual están contenidas corresponde a un pliegue de tipo caja. En este tipo de pliegue, al llevar a cabo un estudio de campo, de forma inicial, realizado en un supuesto nivel topográfico A, marcado en color azul, y conociendo la edad (por medio de una litocorrelación) de las unidades en cuestión, pareciera que se tiene una inversión de unidades contiguas, de primer instancia se pensaría que esta inversión es producida por una cabalgadura o por un pliegue asimétrico, no obstante, al analizar de forma sistemática la posición y la relación entre las unidades, por medio del método de los Kinks (**Capítulo V**), se tiene que la estructura es un pliegue de tipo caja característico de y generado por una tectónica de tipo transpresivo. Las líneas a y b nos muestran las dos sucesiones, que se encontraron a lo largo de la travesía en campo, siendo “a” la primera, al oeste de la región estudiada, que comprende las unidades 1, 2 y 3, y “b” la segunda, al centro y este de la zona de análisis, que comprende las unidades 4, 5, 6, 7 y 8 (**Anexo I**).

Unidad 1

Caracterización: Paquete homogéneo de lodolita calcárea, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.08, 0.10 hasta 0.13 m, el color de este paquete es pardo claro al intemperismo, en superficie fresca es de color gris medio a oscuro. Se identificaron estratos delgados de caliza micrítica, de caliza carbonosa y de lutita rosácea hacia la parte media de esta unidad. Forma pequeños lomeríos, el ángulo de

la pendiente de esta unidad es bajo variando de 20 a 24°. Pequeños pinos y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 1 tiene una distribución amplia desde la estación 1 a la 36, sin embargo se encuentra sobreyacida por la unidad 2 de la estación 16+110 m hasta 20+0 m. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 11+16 m a 11+50 m, de 12+0 m a 12+60 m, de 12+150 m a 12+162 m, de 16+0 m a 16+110 m, de 19+0 m a 20+0 m, de 20+0 m a 21 +0 m, de 33+0 m a 34+0 m, de 34+0 m a 34+62 m, de 98+0 m a 98+5 m, de 100+0 m a 101+0 m, de 101+0 m a 101+90 m y de 101+130 m a 101+140 m, de 102+0 m a 103+0 m y de 104+0 m a 105+0 m.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad con la unidad 2 es abrupto y se definió con la primera aparición de una alternancia de estratos delgados de caliza mudstone a wackestone con estratos delgados de toba (bentonita), este contacto se pudo determinar por la desaparición de estratos de lodolita calcárea. El contacto superior de esta unidad se tiene con un paquete homogéneo de lutita de color rosáceo en el este del área de estudio, cerca del intervalo de las estaciones 98+0 m a 106+0 m (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: el tipo de roca (lodolita-lutita); el color pardo claro al intemperismo, y gris medio a oscuro en superficie fresca; la estratificación delgada a mediana, el espesor de los estratos es de 0.08 a 0.13 m; el contenido de estratos delgados de caliza micrítica y de caliza carbonosa hacia la parte media de esta unidad; el contenido calcáreo de este paquete; el contenido de margas compactadas exhibiendo foliación hacia la parte superior; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 1 se litocorrelaciona con la Unidad B de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 239.1 m

Unidad 2

Caracterización: Paquete homogéneo formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita), con estratificación delgada a mediana, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.10, 0.15 hasta 0.35 m el color de este paquete es pardo claro a blancuzco al intemperismo, en superficie fresca la caliza es de

color gris medio a oscuro y la toba es de color verde claro. Forma lomeríos con pendientes que varían de 21 a 24°. Pequeños pinos y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 2 tiene una distribución reducida desde la estación 16+110 m hasta 20+0 m, subyaciendo a la unidad 1 en dicho intervalo. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 16+110 m a 16+232 m, de 17+0 m a 18+0 m, de 18+0 m a 19+0 m y de 19+0 m a 20+0 m.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad no se observó en el área de estudio, mientras que el contacto superior con la unidad 1 es abrupto y se colocó en la base de un paquete homogéneo de lodolita calcárea (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por una alternancia de caliza (micrítica) mudstone a wackestone y tobas (horizontes delgados de bentonita); el color pardo claro a blancuzco al intemperismo, y gris oscuro en superficie fresca; el aumento en el espesor de las calizas hacia la base de este paquete (al contacto inferido con la Unidad 3); la estratificación delgada a mediana, el espesor de los estratos es de 0.10 a 0.40 m; y a pesar de que no se encontraron microfósiles, debido a que dentro del caminamiento sólo se coincide con una mínima extensión de esta unidad, la Unidad 2 se litocorrelaciona con la Unidad C de la Formación San Felipe descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 85.4 m

Unidad 3

Caracterización: Paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida, el color de este paquete es gris oscuro al intemperismo, en superficie fresca es de color gris claro. Forma pequeñas salientes topográficas, relativamente altas, que varían de 50 a 60°. Pequeños arbustos y cactáceas son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 3 tiene una distribución amplia desde la estación 36+0 m a la 41+120 m, el contacto que tiene esta unidad con las demás unidad es relativamente difuso, siendo el mismo un contacto por falla lateral en las estaciones 36 y 41. Este

paquete se encuentra dentro de los intervalos de las estaciones 36+0 m a 36+20 m y de las estaciones 41+100 m a 41+120 m.

Contactos: No se observaron el contacto inferior y el contacto superior de esta unidad dentro del área de estudio debido a que su extensión es difusa, debido a que dos fallas de desgarre cortan el área que abarca dicha unidad. No obstante, se infiere que el contacto superior es gradual y se colocaría en la base de un paquete formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita), mientras el contacto inferior no se considera debido a que esta unidad es la base de la columna estratigráfica del presente estudio (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por una secuencia de caliza; el espesor masivo de las calizas; el color gris oscuro al intemperismo, y gris oscuro en superficie fresca; la estratificación gruesa a masiva, el espesor de los estratos es mayor a 1 m, y a pesar de que no se encontraron microfósiles, debido a que dentro del caminamiento sólo se coincide con una mínima extensión de esta unidad, la Unidad 3 se litocorrelaciona con la Unidad F de la Formación San Felipe descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 20 m

Unidad 4

Caracterización: Paquete homogéneo de caliza carbonosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos es variable, se tienen intervalos que fluctúan entre 0.14, 0.20 hasta 0.30 m y otros más donde el espesor varía de 0.07, 0.10 hasta 0.14 m, el color de este paquete es pardo oscuro al intemperismo, en superficie fresca es de color negro. Forma lomeríos con pendientes que varían de 24 a 29°. Pinos y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 4 tiene una distribución amplia desde la estación 43+69 m a la 114, sobreyace a la unidad 6 de lutita de color rosáceo y es sobreyacida por la unidad 7 de lutita compacta, arenosa. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 43+69 m a 43+94 m, de 55+80 m a 55+100 m, de 56+20 m a 56+60 m, de 60+10 m a 60+100 m, de 63+80 m a 63+100 m, de 68+0 m a 69+0 m, de 76+70 m a 76+94 m, de 77+0

m a 78+0 m, de 78+0 m a 78+148 m, de 79+15 m a 79+82 m, de 82+15 m a 82+219 m, de 83+0 m a 84+0 m, de 84+0 m a 85+0 m, de 90+15 m a 90+150 m, de 91+0 m a 92+0 m y de la estación 106 a 107 y de 113 a 114 se presenta en forma de horizonte de 7 m de espesor.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad con la unidad 7 es abrupto y se definió con la primera aparición de paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, este contacto se pudo determinar gracias a que las capas de caliza carbonosa desaparecen de forma notable. El contacto superior de esta unidad con la unidad 5 es gradual y se definió gracias a que la caliza empieza a contener una mayor cantidad de arcilla (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por un paquete homogéneo de caliza carbonosa; el color pardo oscuro al intemperismo, y gris oscuro a negro en superficie fresca; la estratificación delgada a ligeramente mediana, el espesor de los estratos es de 0.14 a 0.30 m; el contenido de estratos delgados de caliza arcillosa y de margas hacia la parte superior de esta unidad; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 4 se litocorrelaciona con la Unidad C de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila, (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 130 m

Unidad 5

Caracterización: Paquete homogéneo de caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continúa, el espesor de los estratos varía de 0.07, 0.24 hasta 0.33 m, el color de este paquete es pardo oscuro al intemperismo, en superficie fresca es de color gris oscuro. Forma lomeríos con pendientes que varían de 24 a 29°. Pequeños pinos, árboles de manzanas y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 5 tiene una distribución amplia desde la estación 44+0 m a la 130+20 m, sobreyace a la unidad 6 de lutita de color rosáceo y se encuentra sobreyacida por la unidad 4 de caliza carbonosa. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 44+0 m a 44+30 m y de 130+0 m a 130+20 m.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad con la unidad 4 es gradual y se definió con la primera aparición de paquete homogéneo de caliza carbonosa, este contacto se pudo determinar gracias a que las capas de caliza carbonosa aparecen de forma notable. El contacto superior de esta unidad con la unidad 6 es gradual y se definió gracias a que la caliza empieza a contener una mayor cantidad de arcilla y una menor cantidad de carbonato (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por un paquete homogéneo de caliza arcillosa impura; el color pardo oscuro al intemperismo, y gris medio a oscuro en superficie fresca; la estratificación delgada a ligeramente mediana, el espesor de los estratos es de 0.07 a 0.33 m; el contenido de granulometría fina a lo largo de esta unidad; el gran contenido calcáreo de este paquete; la identificación de margas compactadas exhibiendo foliación hacia la parte superior; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 5 se litocorrelaciona con la Unidad C de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 6 m

Unidad 6

Caracterización: Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo, con estratificación de muy delgada a delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.03, 0.05 hasta 0.07 m, el color de este paquete es rosáceo al intemperismo, en superficie fresca es de color pardo rosáceo. Forma lomeríos muy pequeños con pendientes que varían de 14 a 20°. Pequeños pinos, árboles de manzanas y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 6 tiene una distribución amplia desde la estación 48+10 m a la 106+0 m, sobreyace a la unidad 7 de lutita compacta, arenosa y se encuentra sobreyacida por la unidad 5 de caliza arcillosa. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 48+10 m a 48+22 m, de 56+60 m a 56+70 m, de 57+100 m a 57+150 m, de 58+0 m a 58+80 m, de 60+100 m a 60+120 m, de 63+60 m a 63+80 m, de 74+0 m a 75+0 m, de 75+0 m a 76+0 m, de 76+0 m a 76+40 m, de 84+0 m a 85+0 m, de la estación 90 a 92 se presenta en 2 horizontes de 2 y 3 m, de 103+0 m a 104+0 m, de 105+0 m a 106+0 m,

desde la estación 106 a la estación 122 se presenta el paquete homogéneo de lutita de color rosáceo con variaciones ligeras de lodolitas calcáreas.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad con la unidad 5 es gradual y se definió gracias a que la lutita de color rosáceo empieza a contener una menor cantidad de carbonato. El contacto superior de esta unidad con la unidad 7 es abrupto y se definió gracias a la aparición de una granulometría de mayor tamaño, además de que la foliación de la unidad 7 es fuertemente evidente (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por un paquete homogéneo de lutita calcárea; el color pardo claro a rosáceo al intemperismo, y pardo rosáceo en superficie fresca; la estratificación delgada, el espesor de los estratos es de 0.03 a 0.07 m; la identificación de margas compactadas exhibiendo foliación hacia la parte superior de esta unidad; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 6 se litocorrelaciona con la Unidad D de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 30 m

Unidad 7

Caracterización: Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.06, 0.09 hasta 0.12 m, el color de este paquete es pardo claro a blancuzco al intemperismo, en superficie fresca es de color pardo oscuro. Forma lomeríos tenues con pendientes que varían de 20 a 24°. Pequeños pinos y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 7 tiene una distribución amplia desde la estación 60+120 m a la 131+80 m, sobreyace a la unidad 8 de arenisca de grano medio y se encuentra sobreyacida por la unidad 6 de lutita de color rosáceo. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 60+120 m a 60 +140 m, de 61+0 m a 62+0 m, de 62+0 m a 63 m, de 63+40 m a 63+60 m, de 64+0 m a 65+0 m, de 65+0 m a 65+55 m, de 67+30 m a 67+133 m, de 69+120 m a 69+135 m, de 70+0 m a 71+0 m, de 71+0 m a 72+0 m, de 72+0

m a 73 m, de 73+20 m a 73+81 m, de 76+40 m a 76+70 m, de 78+148 m a 78+168 m, de 79+0 m a 79+15 m, de 82+0 m a 82+15 m, de 85+0 m a 86+0 m, de 86+0 m a 87+0 m, de 87+0 m a 88+0 m, de 88+0 m a 89+0 m, de 89+0 m a 89+50 m, de 90+0 m a 90+15 m, de 93+0 m a 93+12 m, de la estación 116 a la 117 se tienen dos horizontes de 0.05 m, de la estación 120+90 m a 121+0 m se tienen horizontes delgados de diferentes espesores; de 0.04 hasta 0.07 m, de 130+0 m a 130+20 m se tiene un pequeño horizonte de espesor de 0.30 m de lutita compacta, arenosa y de 131+60 m a 131+80 m.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad con la unidad 6 es abrupto y se definió debido a la disminución de granulometría media, además de que la foliación característica de la unidad 7 desaparece súbitamente. El contacto superior de esta unidad con la unidad 8 es abrupto y se definió gracias a la aparición de una granulometría de mayor tamaño, además de que la foliación de la unidad 7 se pierde de inmediato (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por un paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa; el color pardo claro a blancuzco al intemperismo, y pardo oscuro en superficie fresca; la estratificación delgada, el espesor de los estratos es de 0.06 a 0.12 m; el contenido de estratos delgados de caliza arenosa hacia la parte superior de esta unidad cerca del contacto con la Unidad 8, así, de igual forma, el contenido de lutita hacia la base cerca del contacto con la Unidad 6; el contenido arenoso de este paquete; la identificación de la foliación a lo largo de todo el paquete; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 7 se litocorrelaciona con la Unidad D de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 160 m

Unidad 8

Caracterización: Paquete homogéneo de arenisca de grano medio, con estratificación de mediana, gruesa hasta masiva, el espesor de los estratos varía desde 0.30, 0.80 hasta 3 m, el color de este paquete es pardo oscuro al intemperismo, en superficie fresca es de color gris medio a oscuro. En la parte superior contiene algunos nódulos de arenisca (**Figuras 77 y 81**) los cuales varían en tamaño de 0.30 hasta 0.40 m. Se identificaron tres horizontes conglomeráticos de diferentes tamaños, de 0.05, 0.20 hasta 0.40 m (**Figura 89**), los clastos

que los componen están bien redondeados. Forma pequeñas salientes con pendientes que varían de 29° a 35°. Árboles pequeños y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 8 tiene una distribución reducida desde la estación 63+0 m a la 63+40 m, sin embargo se encuentra sobreyacida por la unidad 6 de lutita de color rosáceo a partir de la estación 63+40 m. Este paquete aflora en el intervalo de 63+0 m a 63+40 m.

Contactos: El contacto inferior de esta unidad con la unidad 7 es abrupto, y se definió debido a la disminución de granulometría gruesa, además de que la foliación característica de la lutita compacta, arenosa se pierde en la unidad 8. El contacto superior de esta unidad no se observó en el área de estudio (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: Realizando el análisis de la estructura (y el respectivo acomodo original de la posición de los paquetes de roca), y en base a las características físicas tales como: estar formada por un paquete homogéneo de arenisca de grano medio; el color pardo oscuro al intemperismo, y gris medio a oscuro en superficie fresca; la estratificación mediana, gruesa e inclusive masiva, el espesor de los estratos es de 0.30 a 3 m; el contenido de estratos delgados de caliza arenosa hacia la parte inferior de esta unidad cerca del contacto con la Unidad 7, así, de igual forma, el contenido arenoso de este paquete; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 8 se litocorrelaciona con la Unidad D de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad. Probablemente se trate del Cenozoico.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 40 m

Unidad 9

Caracterización: Paquete homogéneo de caliza mudstone a wackestone, con estratificación delgada a mediana, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.10, 0.20, 0.27 hasta 0.40 m, el color de este paquete es pardo grisáceo al intemperismo, en superficie fresca es de color gris oscuro. Forma ligeros escarpes con pendientes que varían de 30° a 40°. Pequeños árboles y arbustos son la vegetación que cubre a esta unidad.

Distribución: La unidad 9 tiene una distribución reducida desde la estación 117+0 m a la 119+26 m, esta unidad forma parte de la unidad 1 de lodolita calcárea. Esta unidad se observó aflorando en los siguientes intervalos: de 117+0 m a 118+0 m, de 118+0 m a 119+0 m y de 119+0 m a 119+26 m.

Contactos: Tanto el contacto inferior como el contacto superior de esta unidad con la unidad 1 son abruptos, es decir, esta unidad se encuentra dentro de la unidad de lodolita calcárea (**Capítulo VI**).

Litocorrelación: En base a las características físicas tales como: estar formada por un paquete homogéneo de caliza micrítica; el color pardo grisáceo al intemperismo, y gris oscuro en superficie fresca; la estratificación delgada a mediana, el espesor de los estratos es de 0.10 a 0.40 m; y a pesar de ser una unidad con escaso contenido de microfósiles, la Unidad 9 se litocorrelaciona con la Unidad B de la Formación El Cercado descrita por Longoria y Dávila (1979) del Cerro de La silla, aproximadamente a 40 km al norte del área de estudio.

Fósiles y posición cronoestratigráfica: Durante el presente estudio no se observaron fósiles por lo que no fue posible determinar la posición cronoestratigráfica de esta unidad.

Espesor total medido por medio del método gráfico: 45 m

Capítulo

IV

Columnas

Estratigráficas

Capítulo IV. Columnas Estratigráficas a lo Largo del Caminamiento

Gracias a las observaciones de campo: características físicas de los paquetes líticos (granulometría, color al intemperismo y en superficie fresca, estratificación, espesor de los estratos, expresión morfológica); datos estructurales (rumbo y echado), y tipo de contactos entre paquetes líticos, la elaboración de perfiles de campo locales, y la realización de un perfil compuesto a lo largo de la travesía (véanse afloramientos compuestos, **Tablas I, II y III**), se estableció la relación, espacial y estructural, la superposición de las unidades líticas dentro de una columna estratigráfica.

Cabe destacar que, debido a que el caminamiento mantiene, en toda su extensión, una orientación paralela o muy similar al rumbo de las unidades líticas (**Anexo I**), éstas últimas se identificaron en diferentes puntos, es decir, se repiten (véanse afloramientos compuestos, **Tablas I, II y III**), por lo cual, para evitar confusión y facilitar la interpretación, se decidió llevar a cabo el análisis de una columna estratigráfica por medio de segmentos de estaciones, éstos son representados e ilustrados en las siguientes figuras las columnas de este capítulo, es muy importante mencionar que las columnas de los segmentos están esquematizadas tal y como fueron observadas en campo, para posteriormente correlacionarlas y determinar una columna estratigráfica compuesta de forma más precisa, así como también para identificar y definir problemas estructurales presentes a lo largo de la travesía

Nota: El espesor de los paquetes y las columnas se obtuvo por medio del método gráfico (Longoria, 1998).

La sucesión estratigráfica expuesta a lo largo del caminamiento fue dividida en 9 columnas estratigráficas, las cuáles se describen a continuación:

Columna I

La columna I se ilustra en la **Figura 111**, representa la sucesión estratigráfica comprendida entre las estaciones 11+16 m y 20+0 m. La base de la sucesión corresponde a la unidad 1 mientras que la cima corresponde a la unidad 2. La unidad 1 tiene un espesor de 239.1 m, la unidad 2 tiene un espesor de 84.5 m y la columna tiene un espesor medido de 324.5 m. El contacto entre las unidades 1 y 2 es abrupto pero concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

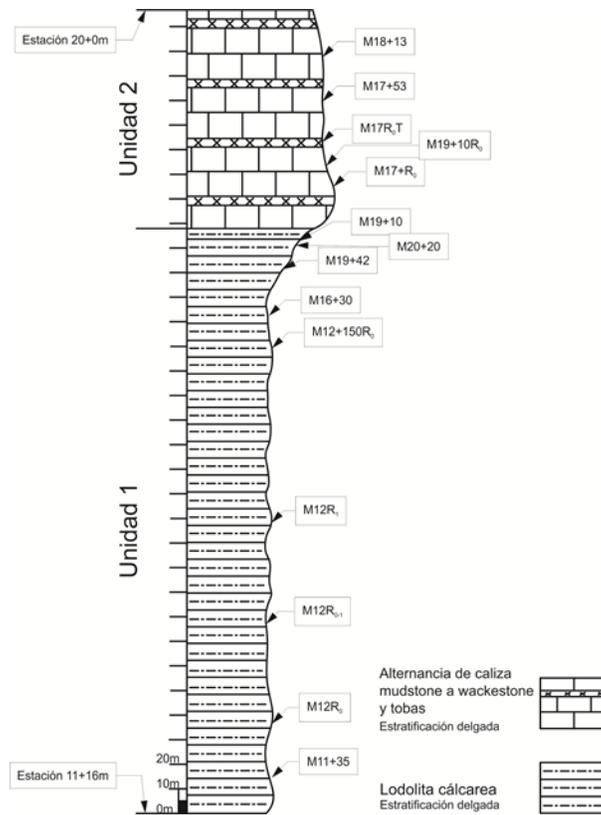


Figura 111. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 11+16 m y 20+0 m.

Columna II

La columna II se ilustra en la **Figura 112**, comprende la sucesión estratigráfica expuesta en el intervalo entre la estación 36+0 m y 36+20 m. Esta columna está compuesta solamente por la unidad lítica 3 formada por caliza masiva sin estratificación definida. El espesor medido de la columna es de 20 m.

Columna III

La columna III se ilustra en la **Figura 113**, representa la sucesión estratigráfica comprendida entre las estaciones 43+69 m y 63+0 m. En este intervalo se identificaron cuatro unidades líticas, éstas son, de la base a la cima: unidad 7 compuesta de lutita compacta, arenosa; unidad 6 de lutita de color rosáceo; unidad 5 de caliza arcillosa; y, finalmente en la cima, unidad 4 de caliza carbonosa. La unidad 7 tiene un espesor de 21.06 m, la unidad 6 tiene un espesor de 12.9 m, la unidad 5 tiene un espesor de 26.9, la unidad 5 tiene un espesor de 34.54 m y la columna tiene un espesor medido de 95.4 m. El contacto entre las 4 unidades es concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

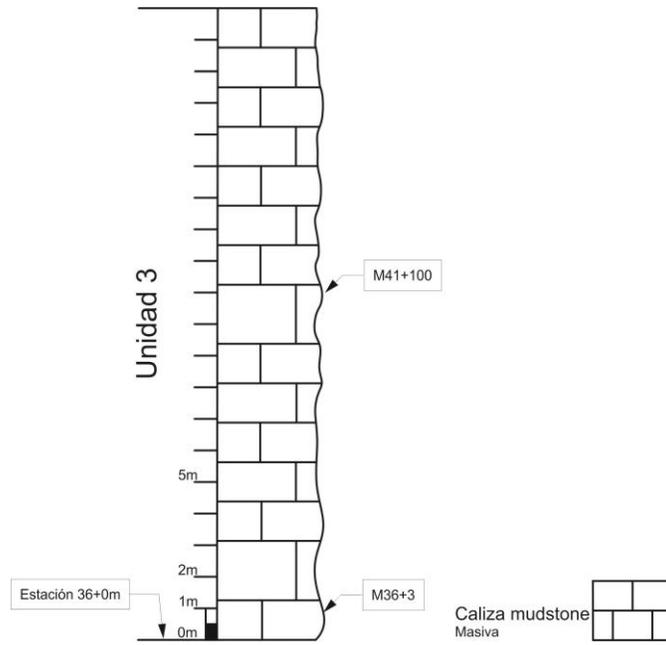


Figura 112. Columna estratigráfica comprendida entre la estación 36+0 m y 36+20 m.

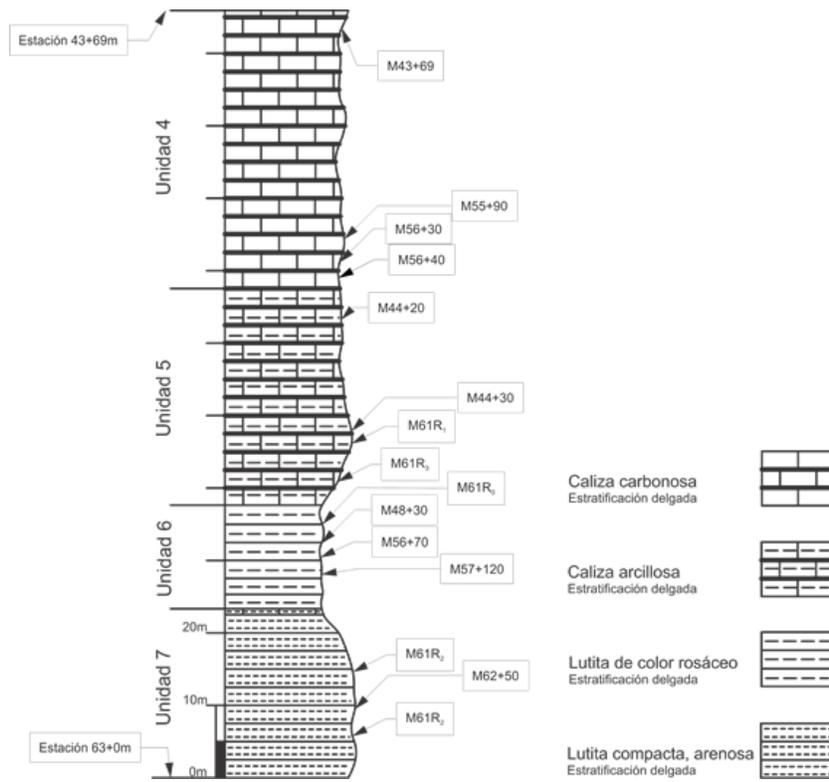


Figura 113. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 43+69 m y 63+0 m.

Columna IV

Esta columna se ilustra en la **Figura 114**, representa la sucesión estratigráfica comprendida entre las estaciones 63+0 m y 65+55 m. En este intervalo se identificaron cuatro unidades líticas, éstas son, de la base a la cima: unidad 8 compuesta de arenisca de grano grueso a medio; unidad 7 compuesta de lutita compacta, arenosa; unidad 6 compuesta de lutita de color rosáceo; unidad 4 compuesta de caliza carbonosa; y, finalmente en la cima, unidad 7 compuesta de lutita compacta, arenosa. La unidad 8 tiene un espesor de 40.05 m, la unidad 7 tiene un espesor de 17.58 m, la unidad 6 tiene un espesor de 17.58, la unidad 4 tiene un espesor de 17.58 m, la unidad 7 tiene un espesor de 87.91 m y la columna tiene un espesor medido de 180.79 m. El contacto entre las 4 unidades es concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

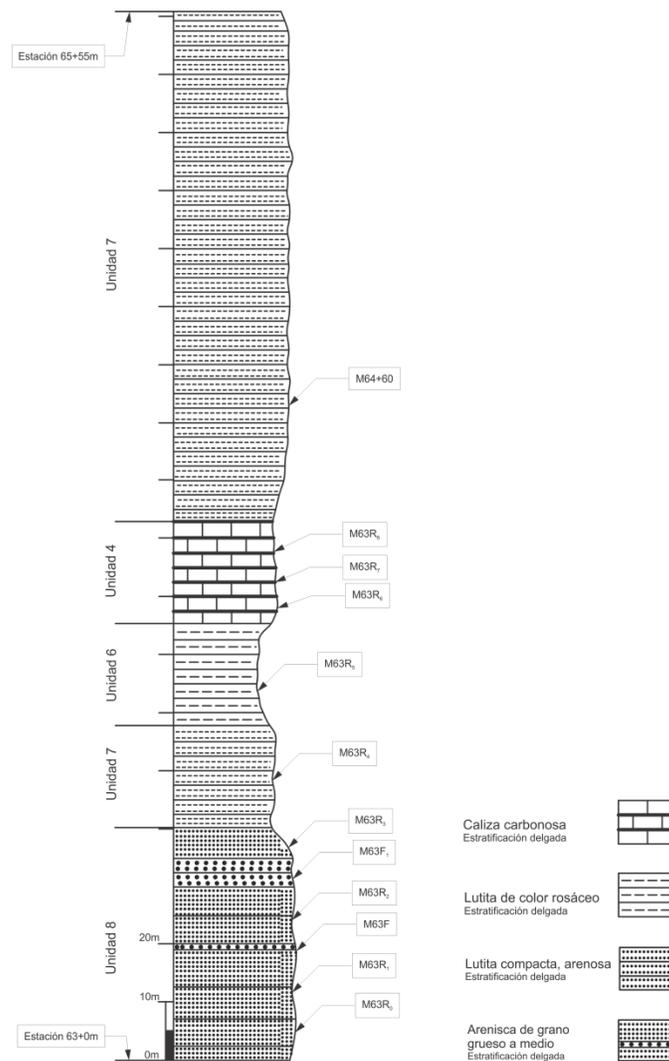


Figura 114. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 63+0 m y 65+55 m.

Columna V

Esta columna se ilustra en la **Figura 115**, representa la sucesión estratigráfica comprendida entre las estaciones 67+0 m y 74+0 m. En este intervalo se identificaron dos unidades líticas, éstas son, de la base a la cima: unidad 4 compuesta de caliza carbonosa; y en la cima la unidad 7 de lutita compacta, arenosa, siendo ésta última la de mayor espesor en este intervalo. La unidad 4 tiene un espesor de 21.71 m, la unidad 7 tiene un espesor de 190.24 m y la columna tiene un espesor medido de 211.95 m. El contacto entre las unidades 4 y 7 es abrupto pero concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

Columna VI

Esta columna se ilustra en la **Figura 116**, representa la sucesión estratigráfica comprendida entre las estaciones 74+0 m y 80+0 m. En este intervalo se identificaron tres unidades líticas, éstas son, de la base a la cima: unidad 4 compuesta de caliza carbonosa; unidad 7 compuesta de lutita compacta, arenosa; y unidad 6 compuesta de lutita de color rosáceo. La unidad de mayor espesor en este intervalo es la unidad 4. La unidad 4 tiene un espesor de 94.36 m, la unidad 7 tiene un espesor de 12.92 m, la unidad 6 tiene un espesor de 17.27, y la columna tiene un espesor medido de 124.55 m. El contacto entre las 3 unidades es concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

Columna VII

Esta columna se ilustra en la **Figura 117**, representa la sucesión estratigráfica comprendida entre las estaciones 80+0 m y 93+12 m. En este intervalo se identificaron tres unidades líticas, éstas son, de la base a la cima: unidad 7 compuesta de lutita compacta, arenosa; unidad 4 compuesta de caliza carbonosa; y unidad 7 compuesta de lutita compacta, arenosa. La unidad 7 tiene un espesor de 133.65 m, la unidad 4 tiene un espesor de 133.86 m, la unidad 7 tiene un espesor de 8 m y la columna tiene un espesor medido de 275.51 m. El contacto entre las 3 unidades es concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

Columna VIII

La columna II se ilustra en la **Figura 118**, comprende la sucesión estratigráfica expuesta en el intervalo entre las estaciones 98+3 m y 113+0 m. Esta columna está compuesta solamente por la unidad lítica 1 formada por lodolita calcárea, dentro de esta unidad se presentan algunas variaciones de litología conteniéndose: lutita de color rosáceo; caliza (micrítica) mudstone a wackestone; y caliza carbonosa, todas ellas a menor escala, es

decir, el espesor que abarcan varía entre 1 y 5 metros. El espesor medido de la columna es de 236.52 m. El contacto entre las unidad 1 y las pequeñas variaciones es concordante ya que no se observó ninguna evidencia de discordancia entre ellas.

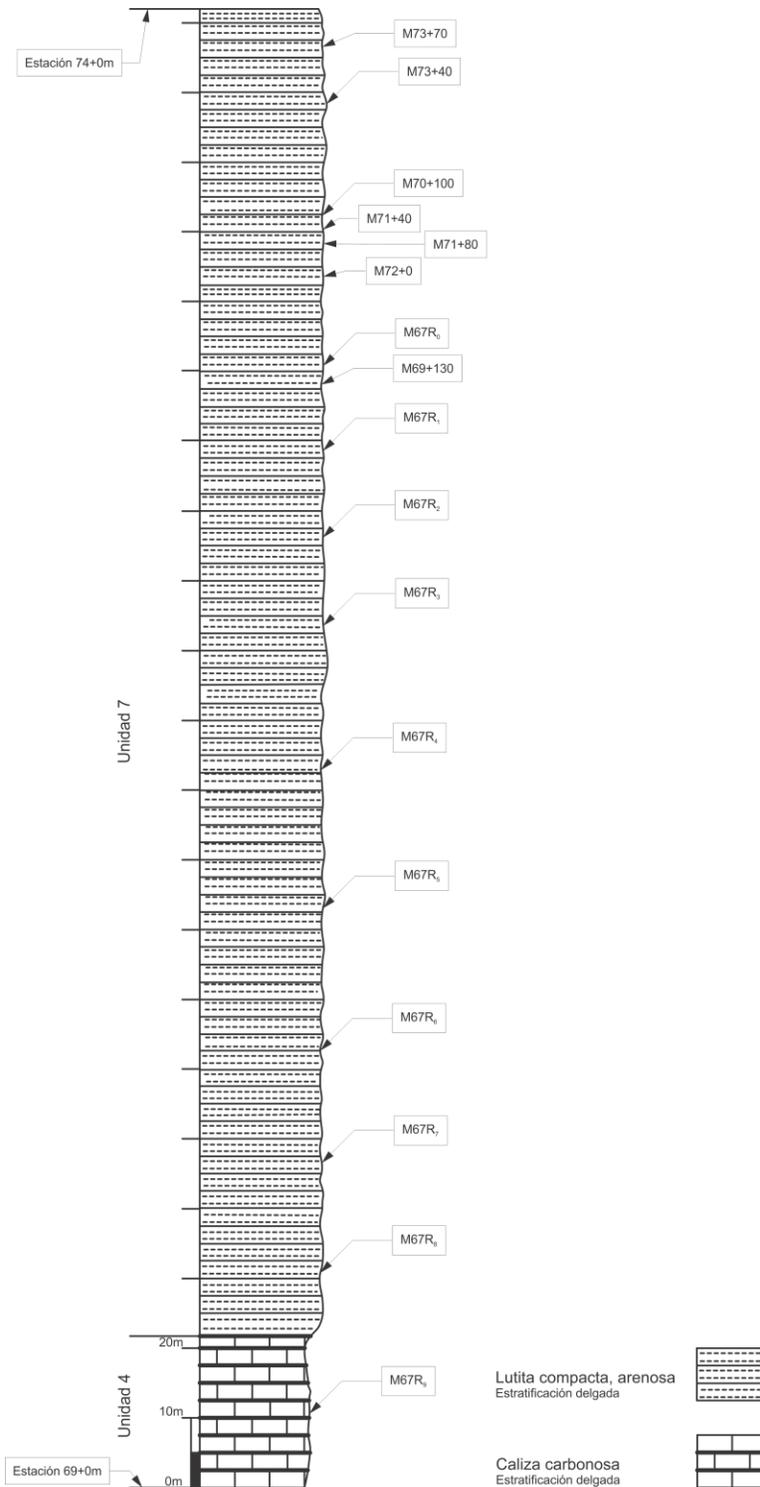


Figura 115. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 67+0 m y 74+0 m.

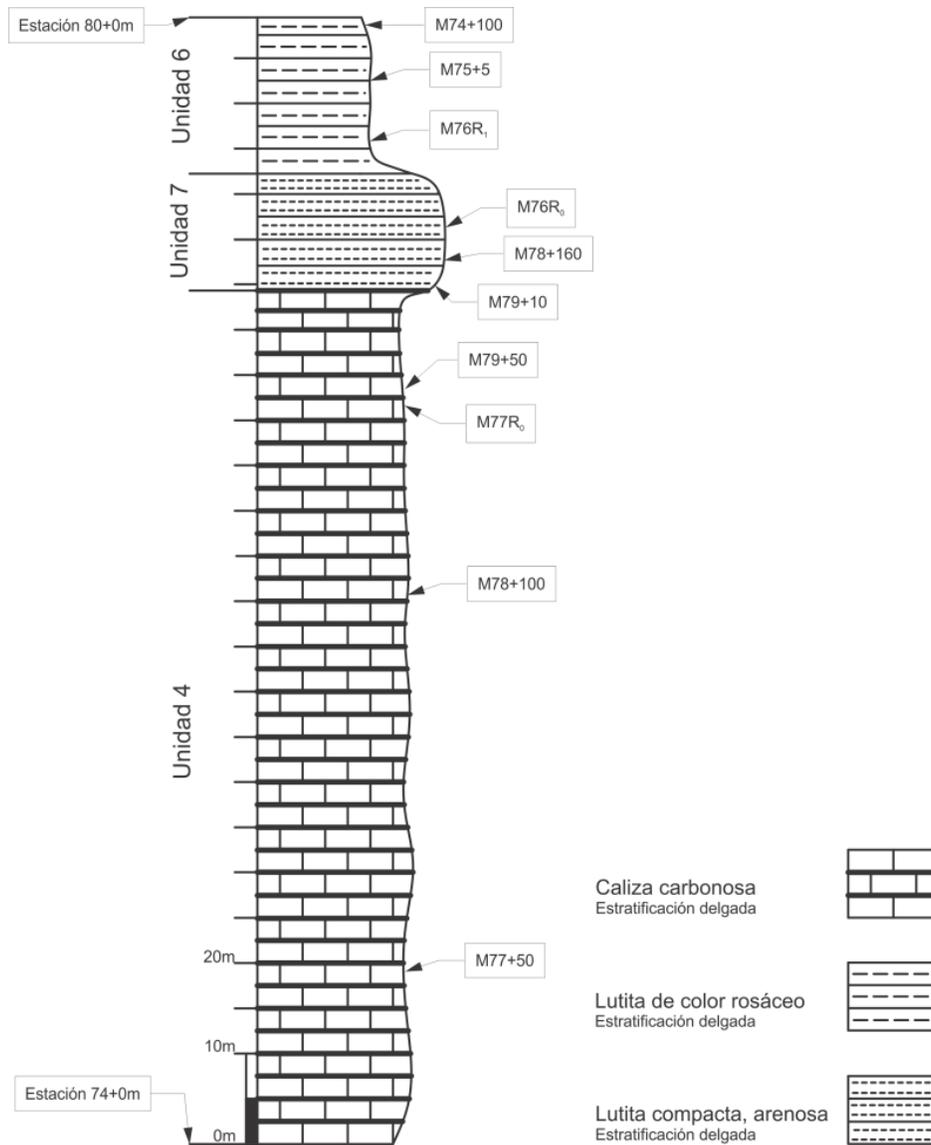


Figura 116. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 74+0 m y 80+0 m.

Columna IX

La columna IX se ilustra en la **Figura 119**, comprende la sucesión estratigráfica expuesta en el intervalo entre las estaciones 117+0 m y 119+0 m. Esta columna está compuesta solamente por la unidad lítica 9 formada por caliza (micrítica) mudstone a wackestone. El espesor medido de la columna es de 38.58 m.

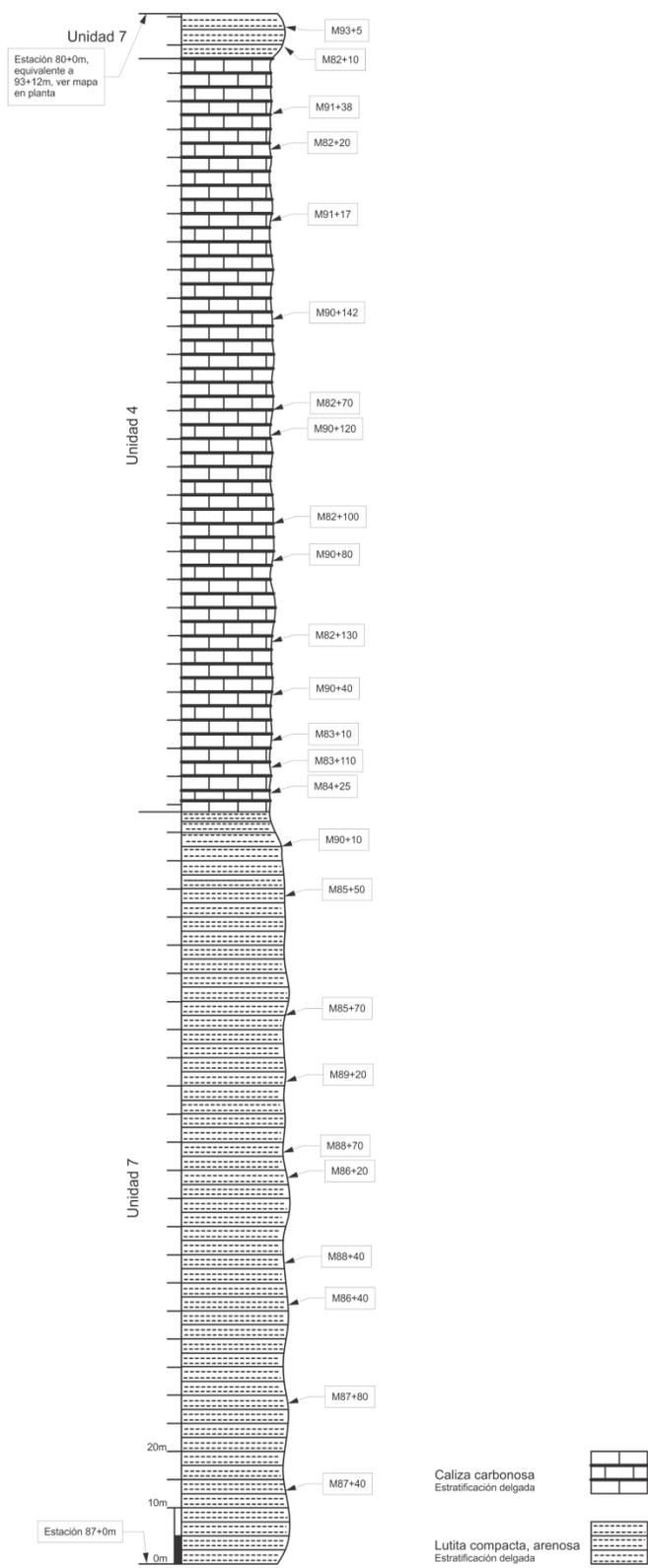


Figura 117. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 80+0 m y 93+12 m.

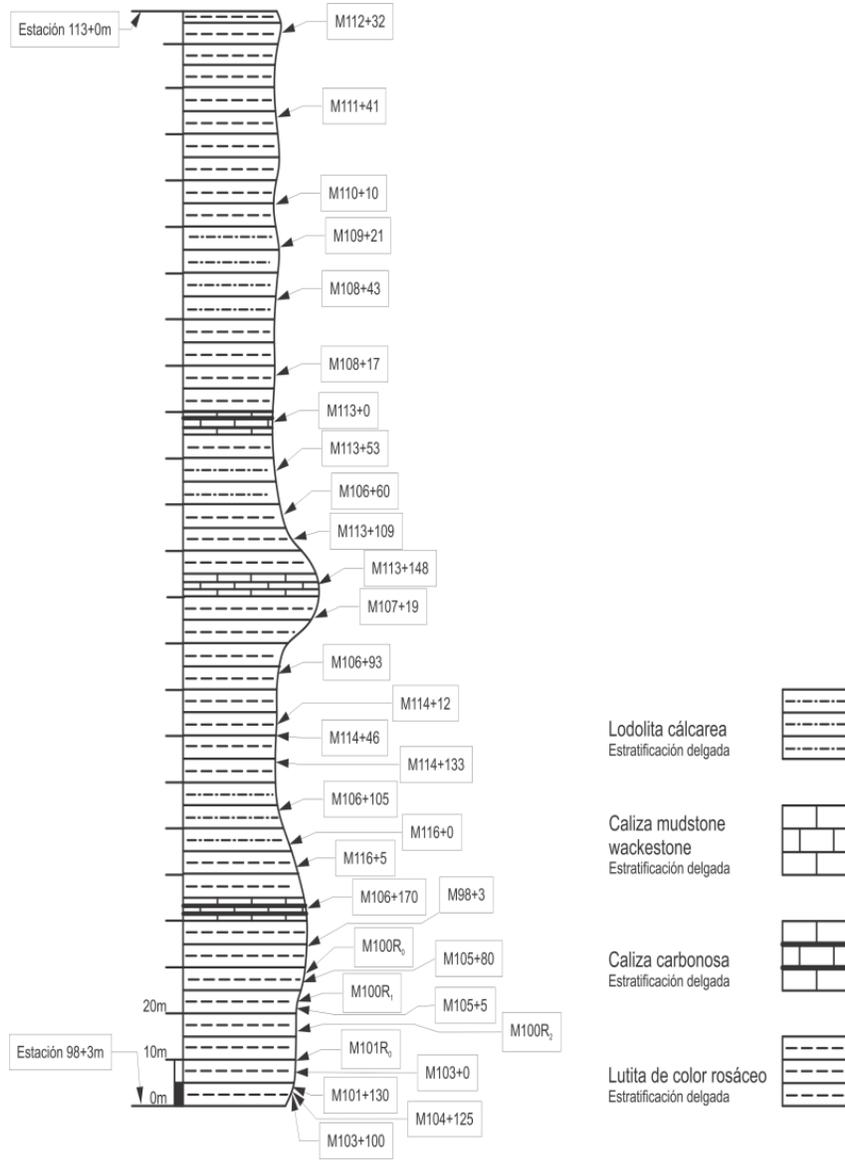


Figura 118. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 98+3 m y 113+0 m.

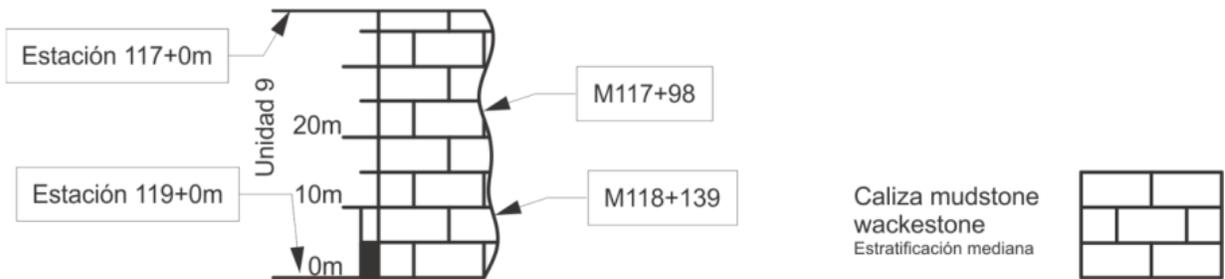


Figura 119. Columna estratigráfica comprendida entre las estaciones 117+0 m y 119+0 m.

Estratigrafía

El análisis estratigráfico-estructural de las unidades interpretadas a partir del inventario de campo realizado en el área de estudio, no fue concluyente para determinar la posición cronoestratigráfica de las unidades líticas identificadas, ya que éstas representan una secuencia no-fosilífera, por lo que solamente se determinó la superposición estratigráfica de acuerdo a la actitud de los estratos, y posteriormente se confirmó por la litocorrelación, encontrando que la relación que guardan las 9 columnas estratigráficas anteriores mantiene un orden invertido, quedando la columna estratigráfica compuesta del área de estudio como se muestra en la **Figura 120**. De igual forma, se encontró durante el presente que la unidad 1, además de estar compuesta por un paquete homogéneo de lodolita calcárea, contiene horizontes muy pequeños de caliza mudstone, de caliza carbonosa y de lutita rosácea. Las unidades de la sucesión estratigráfica se enlistan, siguiendo el orden que fueron identificadas en campo, a continuación; de arriba a abajo:

Unidad 1: Paquete homogéneo de lodolita calcárea, contiene horizontes muy pequeños de caliza mudstone, de caliza carbonosa y de lutita rosácea.

Unidad 2: Paquete homogéneo formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita).

Unidad 3: Paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida.

Unidad 4: Paquete homogéneo de caliza carbonosa.

Unidad 5: Paquete homogéneo de caliza arcillosa.

Unidad 6: Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo.

Unidad 7: Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa.

Unidad 8: Paquete homogéneo de arenisca de grano medio.

Unidad 9: Paquete homogéneo de caliza mudstone a wackestone.

De acuerdo al análisis estratigráfico-estructural no se observó relación alguna del paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida de la Unidad 3, descrita en el apartado de unidades que afloran en el caminamiento (**Capítulo III**), con las demás unidades. Sin embargo, considerando que la zona de estudio presenta un régimen tectónico de tipo transpresivo (evidenciado por las fallas con desplazamiento a rumbo - fallas de desgarre- en el caminamiento en planta, **Anexo I**), se infiere que el paquete de la Unidad 3, mantiene una posición de yuxtaposición debido a dichas fallas con la unidad 1, alrededor de las estaciones 35 y 36, y con la unidad 4 en las proximidades de la estación 42. Es muy probable que el paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida (unidad 3) sea el más antiguo dentro del presente, ya que, de acuerdo con la evolución de la columna estratigráfica descrita para la zona de estudio, parece más propicio, adecuado y acorde situarla en esa posición, debido a que, a partir de la litocorrelación con la ayuda de literatura previa, las unidades con mayor contenido en carbonatos se encuentra en la parte inferior de la columna estratigráfica compuesta (**Figura 120**), mientras que las unidades con mayor contenido terrígeno se localizan en la parte superior, tal como lo muestra la Interpretación de los ambientes sedimentarios (**Capítulo VI**).

Debido a que no se cuenta con alguna relación directa de la Unidad 3 con las demás unidades, no fue considerada para poder situarla dentro de la columna estratigráfica compuesta de la **Figura 120**.

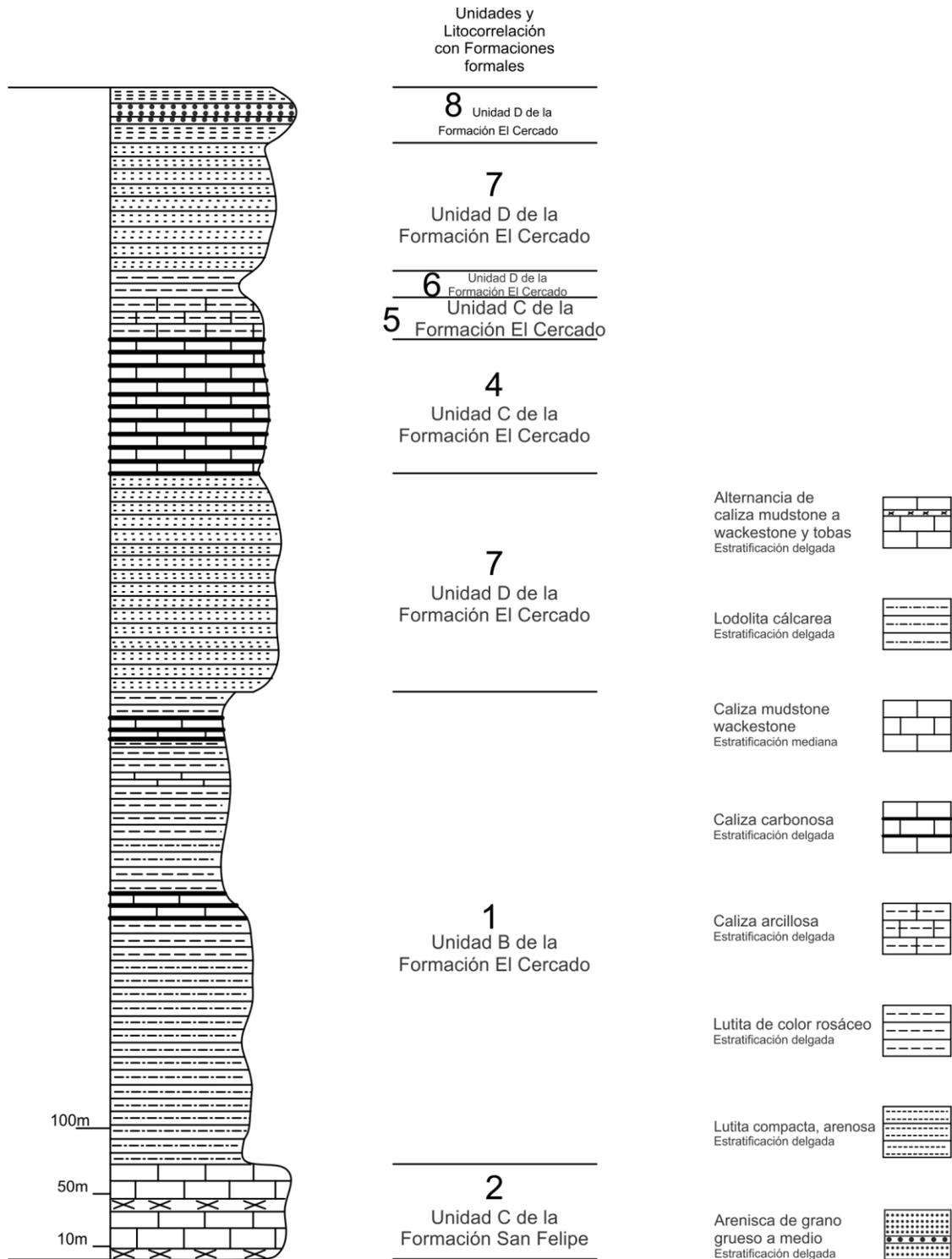


Figura 120. Columna estratigráfica compuesta del área de estudio. Se muestra la posición y sucesión original de los paquetes líticos comprendidos a lo largo de todo el caminamiento. La unidad 1 contiene horizontes muy pequeños de caliza mudstone, de caliza carbonosa y de lutita rosácea. La litocorrelación se realizó en base a las descripciones y el estudio realizado en el Cerro de la Silla, Monterrey, Nuevo León, en 1979 por Longoria y Dávila.

Capítulo

V

Interpretación

Estructural

Capítulo V. Interpretación Estructural

La sucesión estratigráfica expuesta a lo largo de la carretera NL 192, entre el Rancho El Cilantrillo y la guardarraya (límite de los estados de Nuevo León y Coahuila) fue interpretada en base a las observaciones de campo asociadas a la actitud de los estratos y su expresión geomorfológica. Dado que este trayecto de la carretera NL 192 es sinuosa y que no siempre corta la secuencia estratigráfica oblicua al rumbo de los estratos la presente reconstrucción estructural se hace en diez secciones por intervalos de distancia variable (**Figuras 121-130**); la localización de la secciones se muestra en el Anexo I. La interpretación estructural se realizó por el método de “kink’s”, el cual se basa en la conservación del espesor de los estratos, asimismo, este método facilita la extrapolación de la estructura observada en la superficie al subsuelo.

Sección A-A'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 121** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 11+0 m y 21+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 1 y 2, el paquete de lodolita calcárea y el paquete homogéneo formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas (bentonita) respectivamente, formando un plegamiento suave (amplio, abierto) definiendo una sinforma y una antiforma. En el intervalo comprendido por la estación 17+0 m a 19+0 m afloran las unidades 1 y 2 las cuales se ven envueltas en un pliegue amplio, definiendo una sinforma. En el intervalo comprendido por la estación 19+0 m a 20+0 m aflora la unidad 1 la cual se ve envuelta en un pliegue amplio, definiendo una antiforma (**Figura 12**).

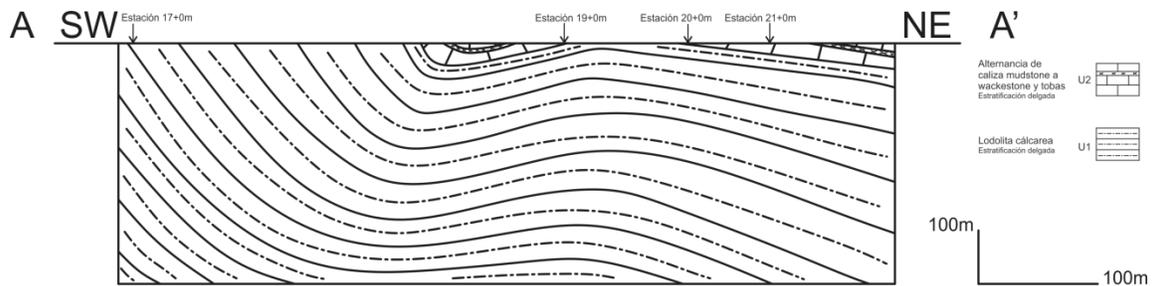


Figura 121. Sección geológica A-A' (su localización se muestra en el Anexo I).

Sección B-B'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 122** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 60+0 m y 62+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 7, 6 y 4, el paquete de lutita compacta, arenosa, el paquete de lutita de color rosáceo y el paquete de caliza carbonosa respectivamente, estas unidades mantienen una actitud general con echado al sureste, y presentan un ligero doblé hacia la parte sur, cambiando el echado de un ángulo pronunciado (80°) en el intervalo comprendido por las estaciones 60+0 m y 60+70 m, a uno más suave (62°) en el intervalo comprendido por las estaciones 60+70 m y 62+0 m. En el intervalo comprendido por la estación 60+10 m se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia al sur (**Figura 32. B**), asimismo en el afloramiento de la estación 61+0 m a 62+100 m, se muestra la vergencia al sur (**Figura 34. B**).

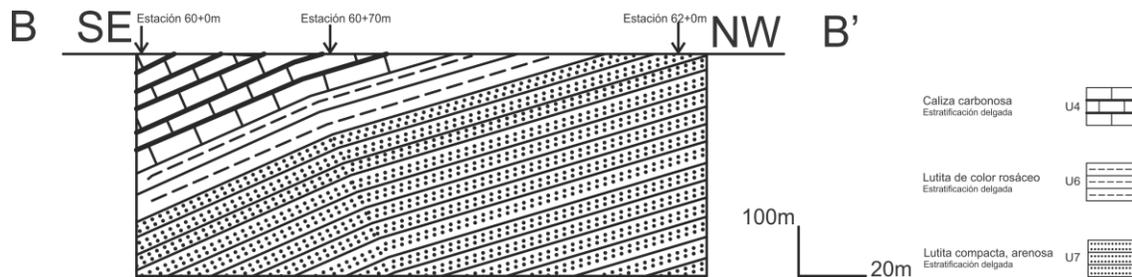


Figura 122. Sección geológica B-B' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Sección C-C'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 123** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 62+0 m y 66+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 8, 7, 6 y 4, el paquete de arenisca de grano medio, el paquete de lutita compacta, arenosa, el paquete de lutita de color rosáceo y el paquete de caliza carbonosa respectivamente, estas unidades mantienen una actitud general con echado al suroeste, y presentan un ligero doblé hacia la parte sur, cambiando el echado de un ángulo suave (62°) en el intervalo comprendido por las estaciones 62+0 m y 65+0 m, a uno mayormente pronunciado (86°) en el intervalo de las estaciones 65+0 m y 66+0 m, muy parecido al de la **sección B-B'**. En el intervalo comprendido entre las estaciones 63+0 m y 64+0 m se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia al sur (**Figura 39**), asimismo en el afloramiento de la estación 64+0 m a 65+55 m, se muestra la vergencia al sur (**Figura 42. B**).

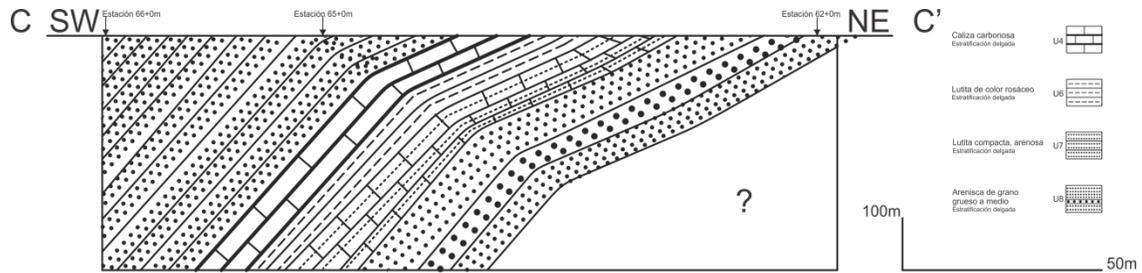


Figura 123. Sección geológica C-C' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Sección D-D'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 124** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 67+0 m y 74+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 4 y 7, el paquete de caliza carbonosa y el paquete de lutita compacta, arenosa respectivamente, formando una estructura continua con echado general al sur, la secuencia se ve envuelta en varios dobleces haciendo resaltar los “kinks” lo cual es el reflejo del cambio de la intensidad de inclinación del echado. En el intervalo comprendido por las estaciones 68+0 m y 69+45 m se desarrolla un echado alto (88°), en el intervalo comprendido por las estaciones 69+45 m y 69+110 m se desarrolla un echado menor (70°), en el intervalo comprendido por las estaciones 69+110 m y 69+170 m se desarrolla un echado mayor (83°), en el intervalo comprendido por las estaciones 69+170 m y 70+0 m se desarrolla un echado menor (72°), en el intervalo comprendido por las estaciones 70+0 m y 73+0 m se desarrolla un echado mayor (77°), y en el intervalo comprendido por las estaciones 73+0 m y 74+0 m se desarrolla un echado mayor (60°). Esta variación del ángulo de inclinación del echado se repite tres veces. En el intervalo comprendido entre las estaciones 67+30 m y 69+0 m se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia al sur (**Figura 44. B**), asimismo en los afloramientos del intervalo entre las estaciones 69+120 m a 74+0 m, se muestra la tendencia preferencial de la vergencia al sur (**Figura 46. B, 47, 48 y 49**).

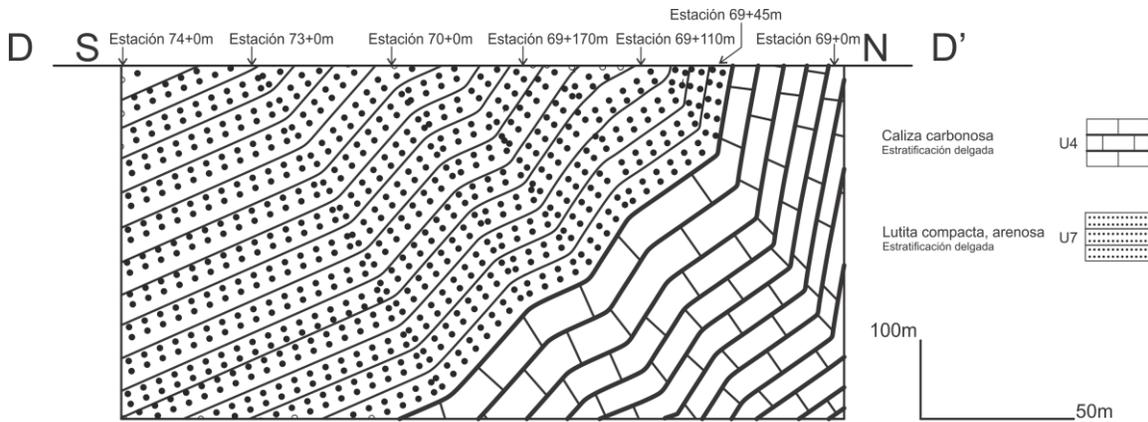


Figura 124. Sección geológica D-D' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Sección E-E'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 125** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 74+0 m y 77+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 4, 7 y 6, el paquete de caliza carbonosa, el paquete de lutita compacta, arenosa y el paquete de lutita de color rosáceo respectivamente, estas unidades mantienen una actitud general con echado al sureste, y presentan dos ligeros dobleces, generando: en primer lugar, de norte a sur, una pequeña sinforma; y en segundo lugar, hacia la parte sur, una pequeña antiforma. En el intervalo comprendido por la estación 74+0 m a 76+0 m aflora la unidad 6 la cual se ve envuelta en un pliegue amplio, definiendo una antiforma. En el intervalo comprendido por la estación 75+0 m a 77+0 m afloran las unidades 6, 7 y 4 las cuales se ven envueltas en un pliegue amplio, definiendo una sinforma. En la parte inicial y final de esta sección, el echado es muy similar (85°), presentando en el centro de la sección una ligera variación a una inclinación menor (65°), cabe destacar que se mantiene la actitud de las tres secciones anteriores (B, C y D). En el intervalo comprendido entre las estaciones 74+0 m y 76+0 m se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia al sur (**Figura 51. B**), asimismo en el afloramiento de la estación 76+0 m a 77+0 m, se muestra la tendencia preferencial de la vergencia al sur, además de que presenta plegamiento suave de carácter local en la parte sur (**Figura 53. B**).

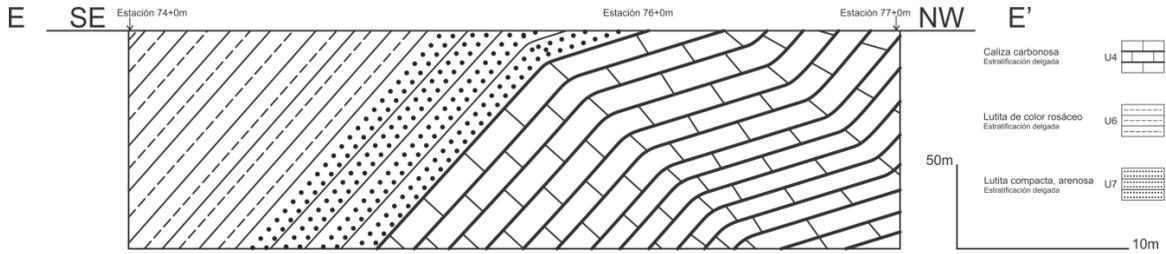


Figura 125. Sección geológica E-E' (su localización se muestra en el Anexo I).

Sección F-F'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 126** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 82+0 m y 84+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 4 y 7, el paquete de caliza carbonosa y el paquete de lutita compacta, arenosa respectivamente, estas unidades mantienen una actitud general con echado al sureste, y presentan tres ligeros dobleces, generando que en la parte central de la sección la estructura adquiera un echado ligeramente menor (60°), mientras en la parte sur, la estructura vuelve a un echado mayor (85°), lo que produce una apariencia prácticamente vertical de los estratos. En la parte inicial y final de esta sección, en los intervalos de la estación 82+0 m a 82+110 m y 83+50 m a 84+0 m el echado es muy similar (85°), presentando en el centro de la sección, en el intervalo de 82+110 m a 83+50 m una ligera variación a una inclinación menor (60°), cabe destacar que se mantiene la actitud de las cuatro secciones anteriores (B, C, D y E), conservando un echado con tendencia preferencial de vergencia al sur. En el intervalo comprendido entre las estaciones 82+0 m y 83+0 m se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia al sur en las partes norte y sur (**Figura 59. B**), asimismo en el afloramiento de la estación 83+0 m, se muestra esta vergencia preferencial de los paquetes líticos al sur (**Figura 61. B**).

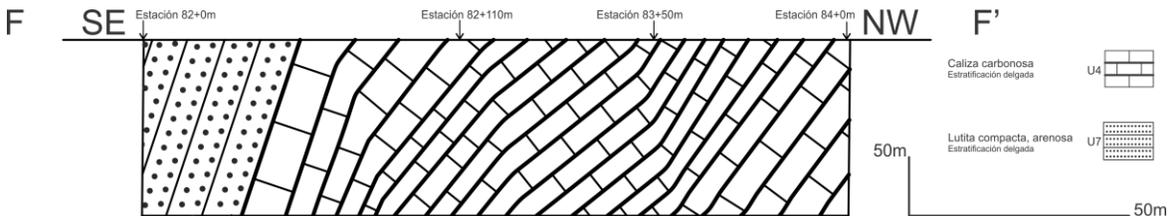


Figura 126. Sección geológica F-F' (su localización se muestra en el Anexo I).

Sección G-G'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 127** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 87+0 m a 92+0 m, la secuencia expuesta corresponde a las unidades 7 y 4, el paquete de lutita compacta, arenosa y el paquete de caliza carbonosa respectivamente, estas unidades mantienen una actitud general con echado al sureste, y presentan tres ligeros dobleces, pasando de vergencias con un grado de echado alto (85°) a uno menor (67°). En el intervalo comprendido por las estaciones 87+0 m y 88+0 m aflora el paquete de lutita compacta, arenosa con un echado alto (87°), en el intervalo comprendido por las estaciones 88+0 m y 89+0 m aflora el paquete de lutita compacta, arenosa con un echado menor (71°), en el intervalo comprendido por las estaciones 89+0 m y 90+70 m aflora el paquete de lutita compacta, arenosa y el paquete de caliza carbonosa con un echado mayor (83°), en el intervalo comprendido por las estaciones 90+70 m y 91+0 m aflora el paquete de caliza carbonosa con un echado menor (72°), en el intervalo comprendido por las estaciones 91+0 m y 92+0 m aflora el paquete de caliza carbonosa con un echado mayor (80°), cabe destacar que se mantiene la actitud de las secciones anteriores (B-F), teniendo un echado con vergencia general al sur. En el intervalo comprendido entre las estaciones 86+0 m y 87+0 m, se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia al sur (**Figura 67. B**), asimismo en el afloramiento de la estación 87+0 m, se muestra ésta vergencia preferencial de los paquetes líticos al sur (**Figura 69. B**), y, por último, en el intervalo comprendido entre las estaciones 90+0 m y 92+0 m muestran una fuerte vergencia al sur (**Figura 74**).

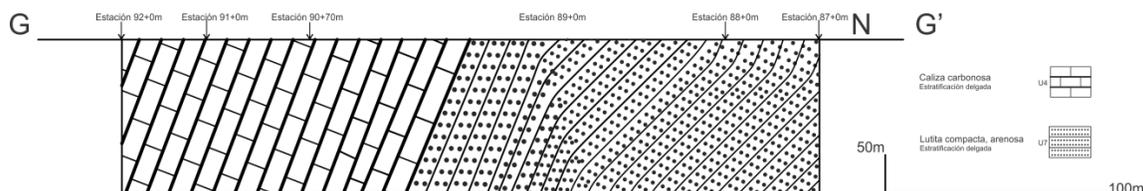


Figura 127. Sección geológica G-G' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Sección H-H'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 128** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 100+0 m a 106+0 m, la secuencia expuesta corresponde a la unidad 1, paquete de lodolita calcárea, se mantiene una vergencia general al norte prácticamente constante, a excepción de algunas ligeras y muy locales variaciones. Es importante mencionar que la tendencia general que se mantuvo

durante las 6 secciones anteriores, la vergencia de los estratos al sur, ha variado, lo cual nos indica dos posibles situaciones: la presencia de un pliegue, o la presencia de una falla. Se observa diferentes afloramientos para este segmento del caminamiento: en el intervalo comprendido entre las estaciones 100+0 m y 101+0 m aflora el paquete de lodolita calcárea, hay una estructura de imbricación en la parte norte, en el paquete de lodolita calcárea (**Figura 80. B**); asimismo, en el afloramiento de lodolita calcárea de la estación 101+130 m, se muestra ésta vergencia preferencial de los paquetes líticos al norte, así como también estructuras de imbricación (**Figura 81. B**); asimismo, en el afloramiento de la estación 103+0 m, se aprecia que la vergencia general de los echados es al noreste (**Figura 83**); y por último, en el intervalo comprendido entre las estaciones 105+0 m y 106+0 m aflora el paquete de lodolita calcárea, se muestra una fuerte tendencia de la vergencia al norte, se desarrollan plegamientos suaves de carácter local con vergencia distinta, en la estación 105+0 m dan lugar a una suave sinforma y en la estación 105+80 m dan lugar a una suave antiforma(**Figura 84. B**).

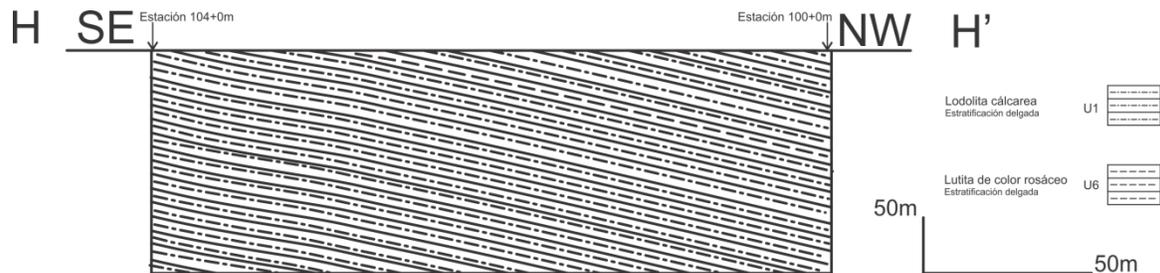


Figura 128. Sección geológica H-H' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Sección I-I'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 129** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 107+0 m y 116+0 m, la secuencia expuesta corresponde a la unidad 1, el paquete de lodolita calcárea, se mantiene una vergencia general al sureste prácticamente constante, a excepción de algunas ligeras y muy locales variaciones. Se desarrollan tres ligeros dobleces, generando que en la parte central de la sección la estructura adquiera diversos echados: primero ligeramente menor, posteriormente mayor, y por último, regresando a un echado con tendencia a la horizontal, es decir, en la parte sur la estructura vuelve a un echado menor, lo que produce una apariencia cercana a la horizontal de los estratos. En el intervalo comprendido por las estaciones 106+0 m y 107+0 m aflora el paquete de lodolita calcárea con un echado alto (83°), en el intervalo comprendido por las estaciones 107+0 m y 111+0 m aflora el paquete de lodolita calcárea con un echado menor (72°), en el intervalo

comprendido por las estaciones 111+0 m y 116+0 m aflora el paquete de lodolita calcárea con un echado menor (30°-40°). Al relacionar ésta tendencia general con la tendencia de la sección H-H', se puede comprobar que en este segmento del caminamiento se presenta un plegamiento antiforme recumbente escala de afloramiento. Se aprecia que en el afloramiento de la estación 107+0 m hasta la estación 111+0 m, la actitud general del echado es hacia la parte Sur, en el paquete de lutita rosácea (**Figura 93**), asimismo en el paquete de lutita rosácea del afloramiento de la estación 111+0 m hasta la estación 113+0 m, se muestra ésta tendencia preferencial de los paquetes líticos al Sur, teniendo ligeros plegamientos al extremo Sur (**Figura 94. B**), de igual forma en el afloramiento de lutita rosácea de la estación 113+0 m hasta la estación 114+0 m, se aprecia que la tendencia general del paquete lítico es al Sur (**Figura 96. B**), en el afloramiento de la estación 114+0 m hasta la estación 115+0 m, se aprecia que la tendencia general del paquete lítico es al Sur, teniendo ligeros plegamientos al extremo Sur, en el paquete de lutita rosácea (**Figura 98. B**), y por último, en el afloramiento de la estación 116+0 m, el paquete de lutita rosácea muestra una fuerte tendencia de sus echados al Sur, a diferencia de los afloramientos anteriores, presenta un echado mucho mayor (**Figura 99. B**).

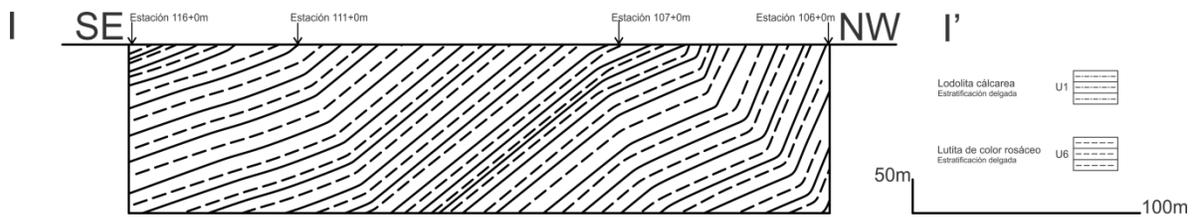


Figura 129. Sección geológica I-I' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Sección J-J'

La representación gráfica de esta sección se muestra en la **Figura 130** la cual comprende la interpretación de la estructura entre las estaciones 117+0 m y 120+0 m, la secuencia expuesta corresponde a la unidad 9, el paquete de caliza mudstone a wackestone, se mantiene una actitud general con vergencia al suroeste, en el intervalo de las estaciones 117+0 m y 118+0 m se desarrolla un ligero doblé, generando que en la parte central de la sección la estructura adquiera un echado ligeramente menor hacia la parte sur, cabe destacar que se mantiene la actitud de la sección anterior, teniendo un echado con vergencia general al sur. Se aprecia que en toda la extensión del afloramiento de la estación 117+0 m hasta la estación 119+0 m hay plegamientos suaves de carácter local (**Figura 102. B**), asimismo, en el afloramiento del paquete homogéneo de caliza mudstone

a wackestone de la estación 119+0 m, se muestra la vergencia preferencial al sur (**Figura 104**).

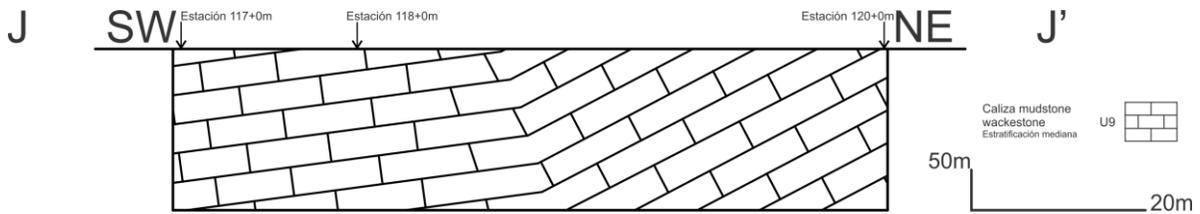


Figura 130. Sección geológica J-J' (su localización se muestra en el **Anexo I**).

Estructura geológica

Por medio de los estudios de geología de campo, tanto de perfiles estratigráficos como las observaciones estructurales locales y regionales, se evidencia un régimen tectónico transpresivo, el cual se puede identificar por la existencia de pliegues de caja (**Figura 131. A**), yuxtaposición de secuencias estratigráficas debido a una falla de desgarre (**Figura 131. C**), e imbricaciones estructurales (**Figura 132**) propias de las estructuras en flor, así como la inversión de la secuencia estratigráfica (**Capítulo IV**).

De acuerdo a la relación de las unidades se interpretó que la estructura a lo largo del caminamiento se trata de un anticlinal asimétrico el cual se presenta con una vergencia hacia el norte (**Figura 131. C**). En un recorrido de oeste a este en el flanco norte de esta estructura, en la parte oeste se observa las unidades más viejas de la zona estudio, en la parte central las más jóvenes, y al este las unidades intermedias. La actitud general de los estratos tiene una inclinación al norte en la parte oeste, y al sur en la parte central y este. Todo lo antes mencionado tiene a las zonas de fuerte tectonismo como base para la interpretación: los pliegues locales a lo largo de todo el caminamiento; las fracturas; las fallas de desgarre –a rumbo- de las estaciones 35 a 42 (**Anexo I**), entre las estaciones 93 a 98 se localiza una falla de desgarre de escala menor la cual genera distintas orientaciones para las unidades antiguas –lutita de color rosáceo- y las unidades jóvenes –caliza carbonosa- (**Figuras 131. A, B, C, y D**), y las estructuras de imbricación tectónica de las estaciones 100 a 122 (**Figuras 78, 79, 80, y 106, Lámina 16. B**), este tipo de imbricaciones tectónicas son el resultado de las estructuras en flor generadas por el régimen tectónico transpresivo.

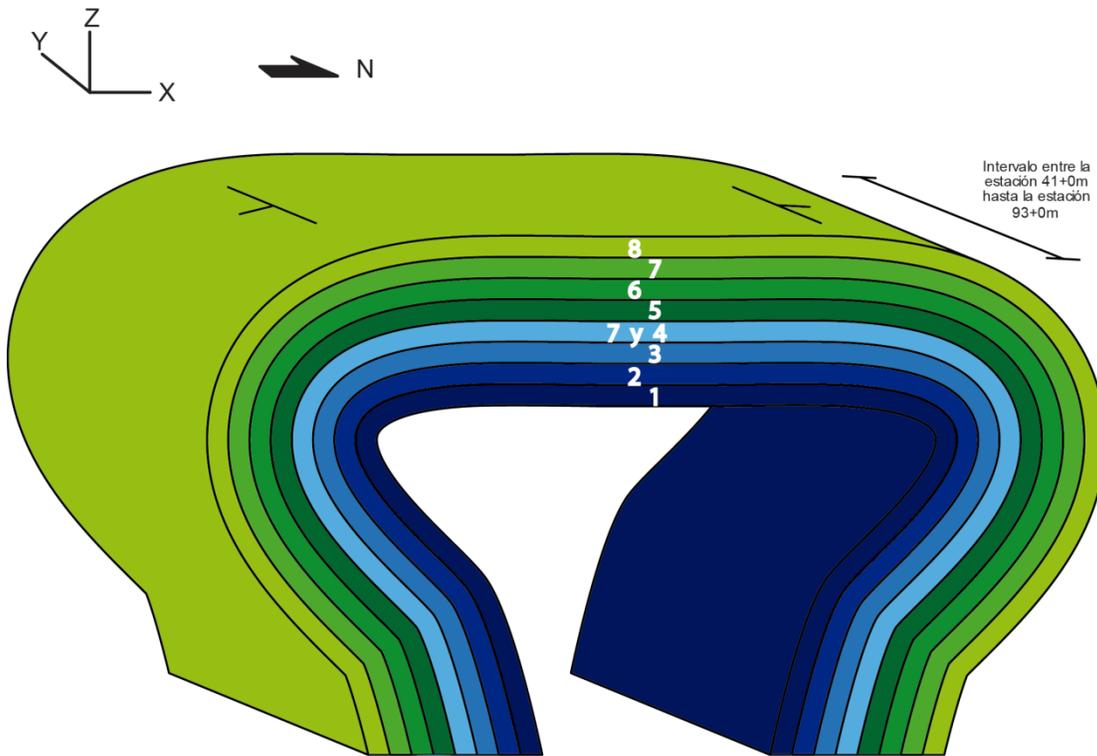


Figura 131. A. Representación esquemática de la estructura presente en la Sierra Potrero de Ábrego -Pliegue de tipo caja (hongo)-. Se muestra el número correspondiente a las unidades que dan forma al pliegue. Nota: La forma del pliegue se muestra un tanto puntiaguda –no tan redondeada en la parte del doblez, debido a que el análisis de la estructura por medio del método de los Kinks da como resultado una figura de este tipo, además de que los datos estructurales y las características apreciadas en campo lo constatan.

Asimismo, la estructura antiforme que se identificó en el intervalo de la estación 106 a la estación 107, forma parte importante en esta interpretación, la cual repite, de la estación 106 a la estación 113, y en los estratos contenidos en el segmento de las estaciones 100 a 106. Este caminamiento se desarrolló a lo largo de la parte superior de un valle, interpretándose que éste está generado por un sinforme, contiguo al anticlinal asimétrico, que ha sido erosionado.

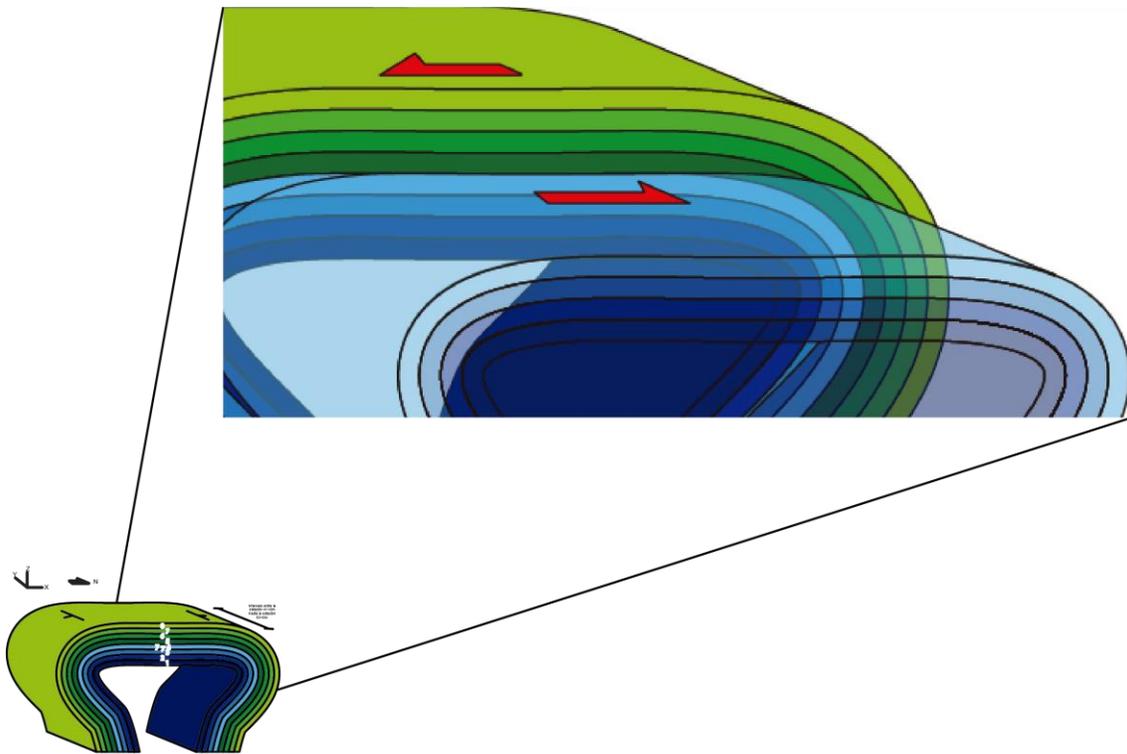


Figura 131. B. Se muestra como las fallas de desgarre –a rumbo–, generaran diversos contactos laterales en las unidades líticas (**Figura 131. C**).

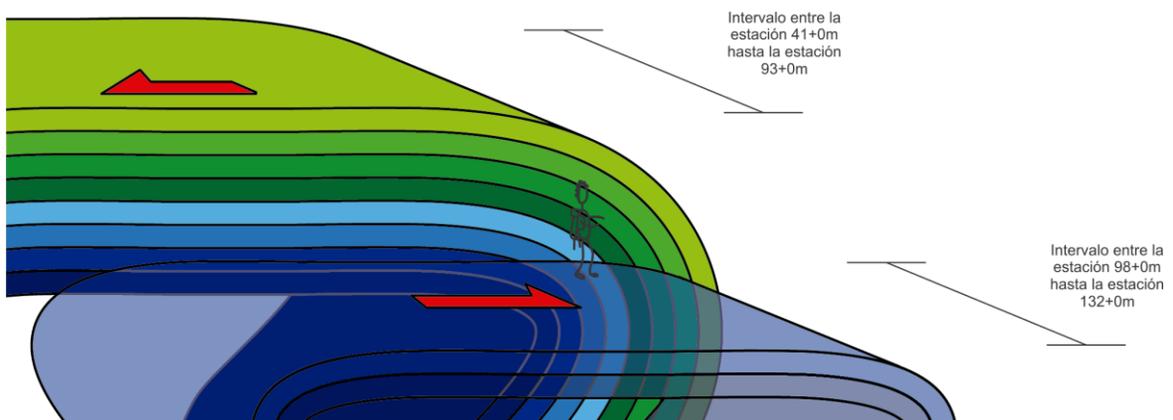


Figura 131. C. Representación esquemática de los contactos entre las unidades antiguas –tonos verde oscuro– y las unidades jóvenes –tonos azules–, se aprecia que, lateralmente y en el mismo nivel, mientras las unidades antiguas mantienen una tendencia, en su echado hacia la horizontal, dirigiéndose al norte (**Figura 131. D**), las unidades jóvenes presentan un echado más pronunciado tendiendo hacia la vertical, además de que cambian su tendencia del echado al sur (**Figura 131. D**). Generando con estas características particulares un anticlinal asimétrico con vergencia al norte.

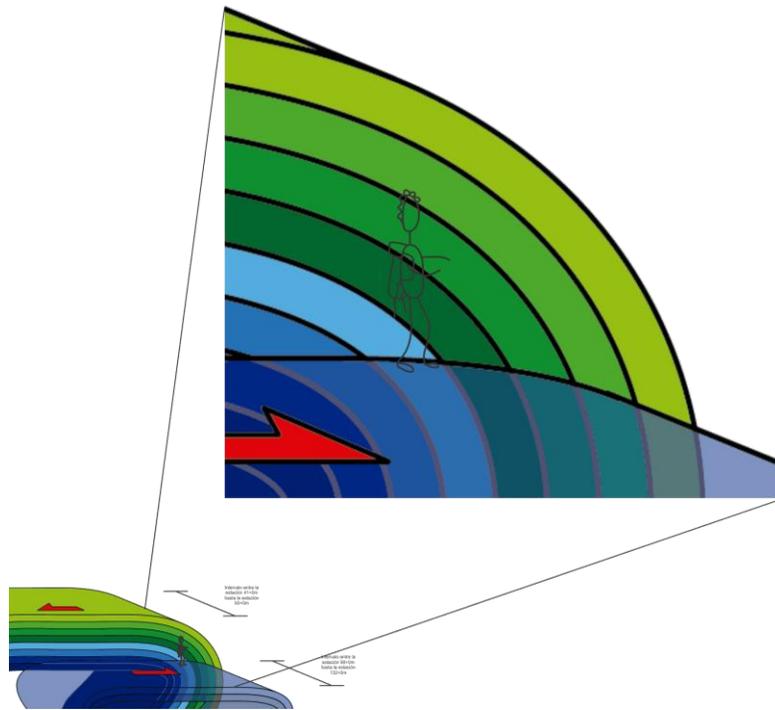


Figura 131. D. Acercamiento a la zona de contactos, de la Figura 131. C, entre las unidades antiguas –con inclinación en el echado prácticamente horizontal-, y las unidades jóvenes –con inclinación en el echado prácticamente vertical-.

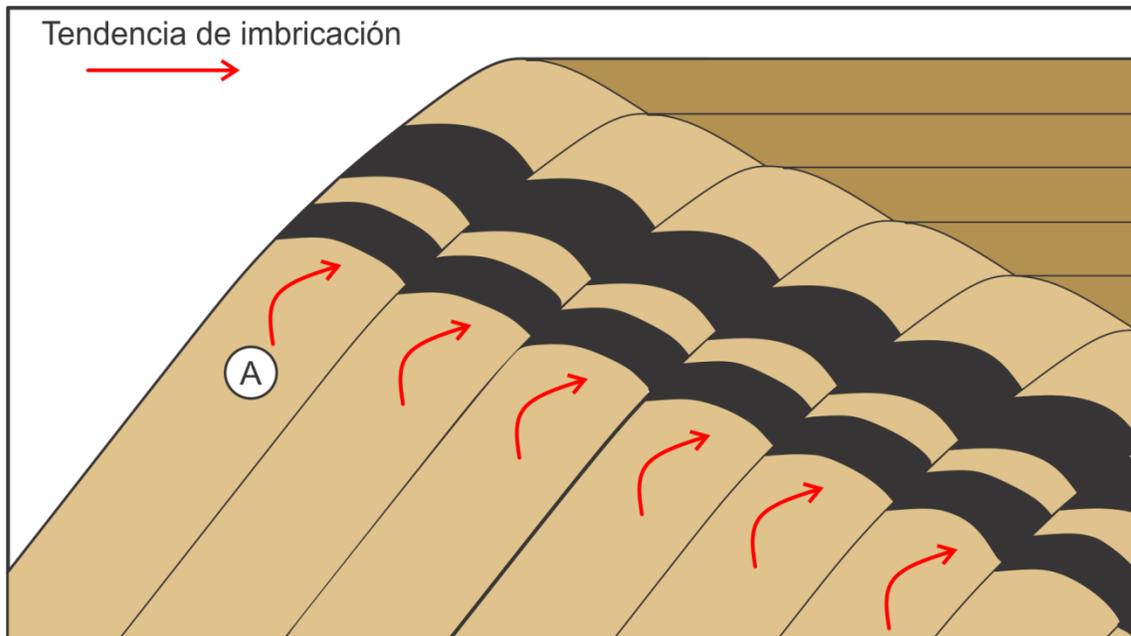


Figura 132. Representación esquemática de una estructura de imbricación tectónica, se aprecia que en el punto A el movimiento que realizan los paquetes en este tipo de estructura, primeramente se levanta una porción y posteriormente adquiere una tendencia preferencial, y así sucesivamente una porción sobre otra, producto de los movimientos de transpresión en las estructuras en flor. Las imbricaciones se presentan a nivel regional (estructura en flor), a nivel local (afloramiento), y a nivel microscópico.

Capítulo

VI

Historia Geológica

VI. Historia Geológica

Interpretación de los ambientes sedimentarios

Es evidente que la sucesión estratigráfica identificada indica cambios ambientales y paleogeográficos, a continuación se describen los eventos que tuvieron lugar durante el desarrollo de la columna estratigráfica que se muestra en la **Figura 120**.

Del análisis estratigráfico-estructural realizado a las unidades identificadas durante el presente estudio y su posterior litocorrelación con unidades adyacentes a la zona (Formación San Felipe y Formación El Cercado), se establece que la sucesión estratigráfica que constituye una ligera porción del norte de la Sierra Potrero de Ábrego, representa el lapso comprendido entre el Santoniano Superior al Maestrichtiano Superior (Longoria y Dávila, 1979).

El depósito de la Unidad 2 (**Figura 133**) es predominantemente carbonatada que indica una sedimentación en aguas tranquilas a una profundidad batial superior (Longoria y Dávila, 1979). El alto contenido de bentonita presente dentro de la Unidad 2 evidencia una actividad volcánica contemporánea en regiones adyacentes al sitio del depósito. Hasta donde se conoce, no existen focos de vulcanismo en la región comprendida en el NE de México, por lo que la existencia de estratos de bentonita en ésta unidad es indicativa de actividad volcánica contemporánea al oeste de la región, probablemente en los arcos insulares del occidente de México los cuales estuvieron activos durante el Jurásico y el Cretácico (Longoria, 1998). Como ya se explicó con anterioridad, no se encontraron fósiles que pudieran indicar las condiciones ambientales que prevalecieron durante la sedimentación de esta unidad.

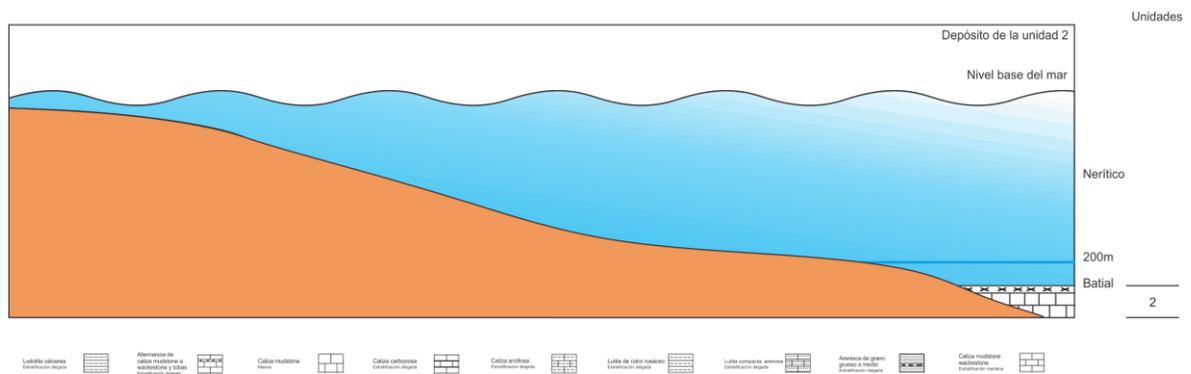


Figura 133. Representación esquemática del depósito de la Unidad 2

La sedimentación de la Unidad 2 se ve abruptamente interrumpida por el inicio del depósito predominantemente de terrígenos finos, lodolita calcárea, de la Unidad 1 (**Figura 134**) la cual presenta variaciones muy marcadas reflejando una sedimentación rápida con aporte de terrígenos de forma intermitente ya que se ve interrumpida por intervalos de caliza rica en materia orgánica. Esta sedimentación se llevó a cabo a una profundidad batial superior de baja energía (Longoria y Dávila, 1979), lo cual queda evidenciado por la abundancia de lodo calcáreo y calizas micríticas.

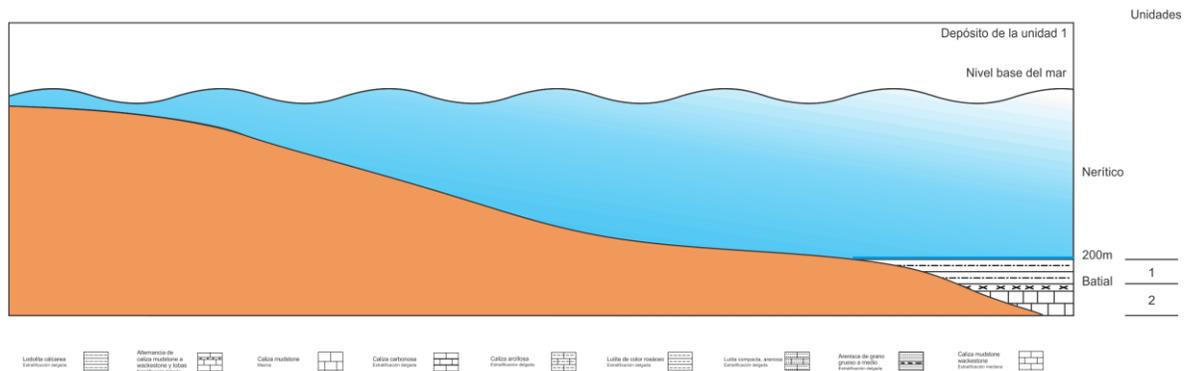


Figura 134. Representación esquemática del depósito de la Unidad 1

El inicio del depósito de la Unidad 7 corresponde al establecimiento de una sedimentación marcada por el aporte de arenas finas a medianas al área del depósito en un ambiente nerítico inferior (**Figura 135**). Este aporte de arenas refleja inestabilidad de la fuente de origen, la cual muy probablemente se encontraba directamente al norte del área de estudio a una distancia considerable (Longoria y Dávila, 1979).

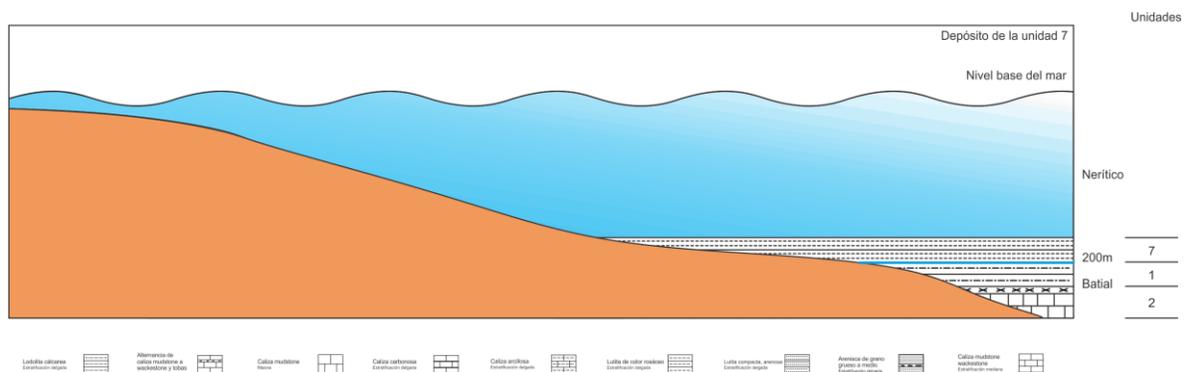


Figura 135. Representación esquemática del depósito de la Unidad 7

La sedimentación de la Unidad 7 es en sí una continuidad del ciclo sedimentario de esta región el cual termina con el inicio del depósito de la Unidad 4 (**Figura 136**), reflejando una falta de circulación de las aguas y al mismo tiempo el desarrollo de condiciones anóxicas resultando en el desarrollo de calizas marcadamente carbonosas a una profundidad nerítica inferior (Longoria y Dávila, 1979).

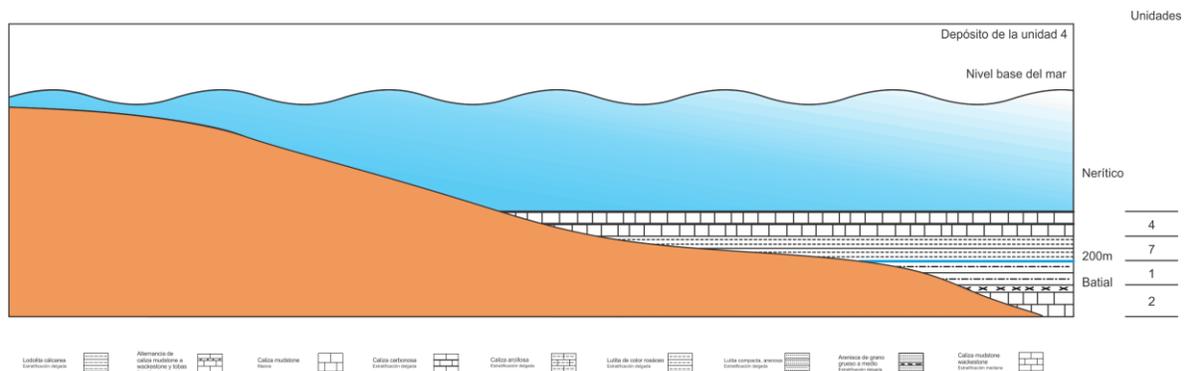


Figura 136. Representación esquemática del depósito de la Unidad 4

Estas condiciones de baja circulación de las aguas cambia al inicio de la sedimentación de la Unidad 5 en la cual se hace evidente la circulación libre del agua para dar origen al depósito de calizas de color pardo-grisáceo con estratificación paralela, delgada y continua (**Figura 137**). El depósito de la Unidad 5 tuvo lugar en un ambiente batial superior (Longoria y Dávila, 1979).

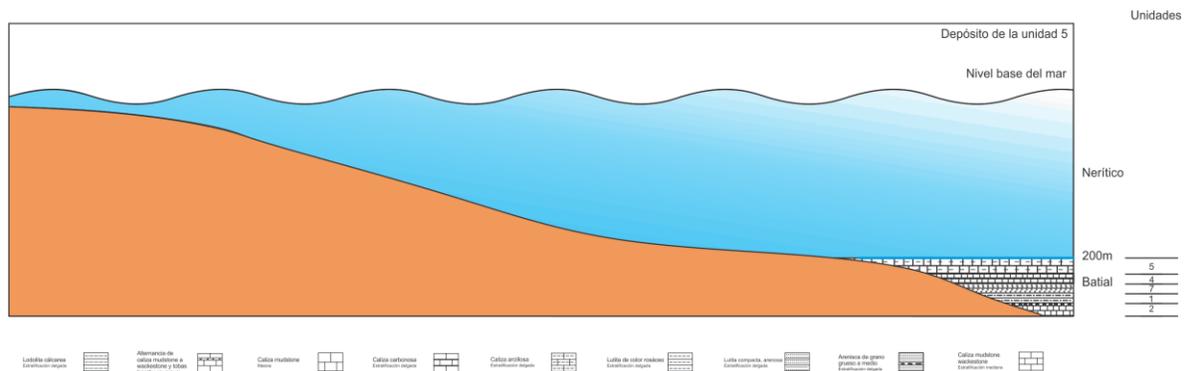


Figura 137. Representación esquemática del depósito de la Unidad 5

La sedimentación carbonatada de la unidad 5 se ve reemplazada por el depósito de lutitas en estratos delgados y de color rosado de la Unidad 6 (**Figura 138**), lo cual hace pensar en una secuencia de aguas batial superior, por lo que se infiere que la cuenca de depósito se hizo ligeramente más profunda (Longoria y Dávila, 1979).

Una vez más, el aporte sedimentario se ve marcado por el influjo de arenas finas a medianas al área de depósito de la Unidad 7 (**Figura 139**), haciéndose evidente un cambio batimétrico de batial superior a nerítico inferior (Longoria y Dávila, 1979).

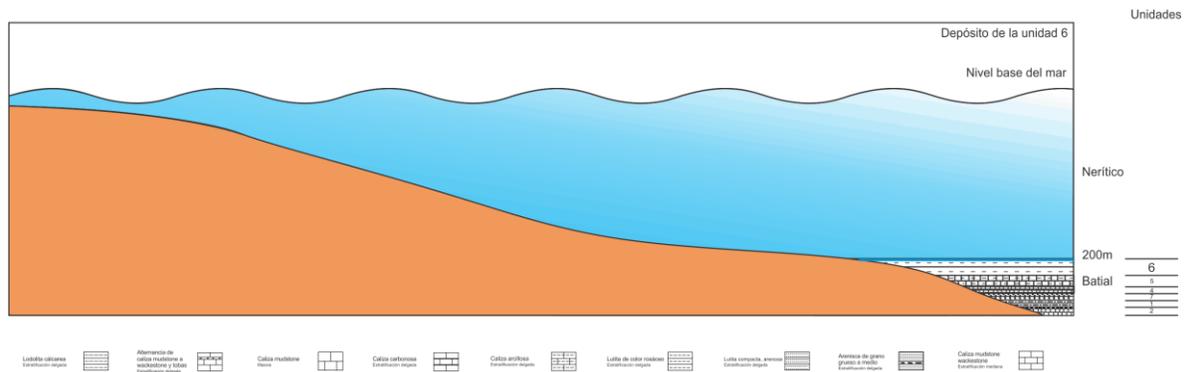


Figura 138. Representación esquemática del depósito de la Unidad 6

La sedimentación terrígena predominante es evidente con el cambio de la Unidad 7 de lutilla compacta, arenosa al depósito de arenisca de grano medio de la Unidad 8 (**Figura 140**), lo cual marca un mayor aporte de sedimentos al área de depósito aunado a una variación en la batimetría, dando como resultado una profundidad marcadamente nerítica (Longoria y Dávila, 1979).

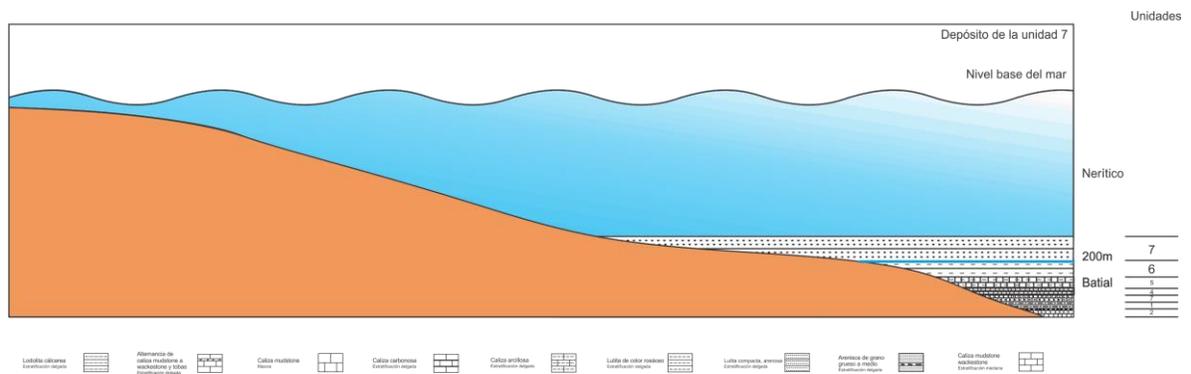


Figura 139. Representación esquemática del depósito de la Unidad 7

Del análisis estratigráfico-estructural realizado a las unidades identificadas durante el presente estudio y su posterior litocorrelación con unidades adyacentes a la zona, se establece que la sucesión estratigráfica que constituye una ligera porción del norte de la Sierra Potrero de Ábrego, representa el lapso comprendido entre el Santoniano Superior al Maestrichtiano Superior (Longoria y Dávila, 1979).

El estudio de las características líticas de las unidades permite detectar una variación fuertemente marcada de los ambientes sedimentarios y de los eventos paleogeográficos, mismos que están ligados y condicionados por las características tectónicas dominantes durante su depósito.

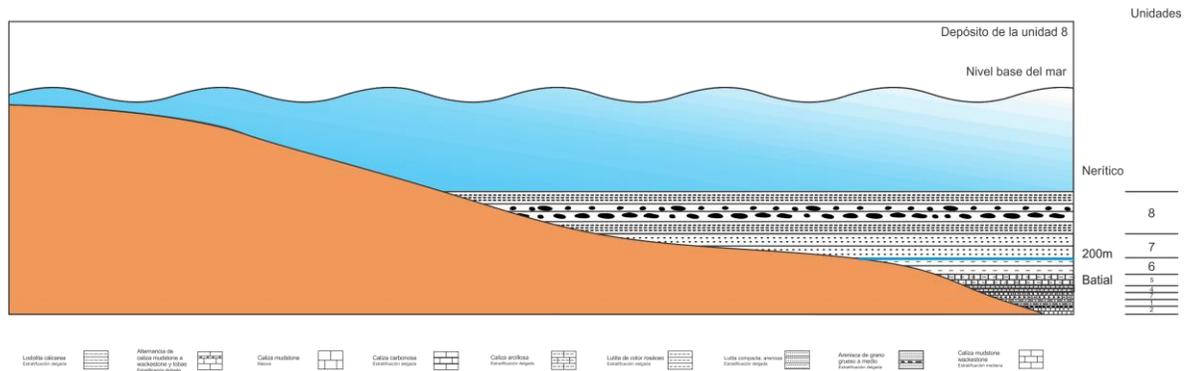


Figura 140. Representación esquemática del depósito de la Unidad 8

Tectonoestratigrafía

Los diferentes cambios líticos que se observan en la columna estratigráfica son generados por diversos pulsos tectónicos y por la acumulación de los sedimentos provenientes de estos pulsos dentro de un ambiente paleogeográfico poco profundo, es decir, el depósito de las unidades se llevó a cabo en ambientes que fluctúan desde batial (en su parte más superior) a nerítico inferior, siendo parte de la sedimentación de un conjunto petrotectónico propiamente de tipo flysh pelítico. Este tipo de sedimentación es característica de un tectonismo fuertemente activo generado por la dinámica establecida entre el margen continental oeste (convergente) de México y el Mar mexicano, en el Cretácico Superior (Longoria 1998).

Esta tipo de tectónica convergente desarrolló y formó la Cordillera Mexicana y algunas cuencas de tipo “foreland” localizadas en un ambiente tectónico de tero-arco. Las unidades líticas del presente trabajo se depositaron en una cuenca de éste tipo, localizada en el borde del frente estructural de la cadena montañosa.

El desarrollo de este flysh pelítico está marcado y evidenciado por tres pulsos tectónicos de escala local.

El primer pulso es generado en el cambio de la Unidad 1 de lodolita calcárea a la Unidad 7 de lutita compacta, arenosa, donde se aprecia que la sedimentación, relativamente rápida y escasa en terrígenos de la Unidad 1, sufre un gran aporte de siliciclastos de diversos tamaños y formas que van a dar origen a la lutita compacta, arenosa.

Es evidente que la variación entre las aguas oxigenadas con buena circulación de la Unidad 7 de lutita compacta, arenosa, y las aguas anóxicas y de poca circulación de la Unidad 4 de caliza carbonosa, es generada por una actividad tectónica considerable, la cual remodela y da nueva forma a la cuenca, impidiendo la circulación de las corrientes propiamente oceánicas dentro de la misma. Esta variación engloba otro pulso tectónico.

Posteriormente, entre el cambio de la lutita de color rosáceo de la Unidad 6 a la lutita compacta arenosa de la Unidad 7, se observa otro pulso tectónico que marca el cambio de una sedimentación lodosa y rica en carbonatos de la Unidad 6 a una acumulación de terrígenos mal clasificados de la Unidad 7, conservando la acumulación de material terrígeno reflejado en el depósito de la Unidad 8 de arenisca de grano medio.

Cabe destacar que la fuente de aporte de terrígenos, además de estar sujeta a disturbios de carácter tectónico, también pudo eventualmente estar sometida a temporadas de tempestades y lluvias intensas que repercuten y traen como consecuencia un mayor suministro y acumulación de los terrígenos a la cuenca de depósito.

Capítulo

VII

Conclusiones y Recomendaciones

VII. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Es notoria la carencia de microfósiles en las muestras estudiadas lo cual impidió obtener directamente la posición cronoestratigráfica de la secuencia estudiada. Sin embargo, las unidades reconocidas en el campo pudieron litocorrelacionarse con formaciones descritas previamente por otros autores de tal manera la secuencia estudiada se litocorrelaciona con la parte superior de la Formación San Felipe y una variación de la Formación El Cercado descritas por Longoria y Dávila, (1979) del Cerro de la Silla al sureste de Monterrey.
- La secuencia sedimentaria expuesta a lo largo del caminamiento estudiado comprende 9 unidades líticas, las cuales se litocorrelacionan con las unidades descritas por Longoria y Dávila en 1979 del Cerro de la Silla, Monterrey, Nuevo León, de la siguiente manera:
 - Unidad 1. Paquete homogéneo de lodolita calcárea = Unidad B de la Formación El Cercado.
 - Unidad 2. Paquete homogéneo formado por una alternancia de caliza mudstone a wackestone y tobas = Unidad C de la Formación San Felipe.
 - Unidad 3. Paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida = Unidad F de la Formación San Felipe.
 - Unidad 4. Paquete homogéneo de caliza carbonosa = Unidad C de la Formación El Cercado.
 - Unidad 5. Paquete homogéneo de caliza arcillosa = Unidad C de la Formación El Cercado.
 - Unidad 6. Paquete homogéneo de lutita de color rosáceo = Unidad D de la Formación El Cercado.
 - Unidad 7. Paquete homogéneo de lutita compacta, arenosa = Unidad D de la Formación El Cercado.
 - Unidad 8. Paquete homogéneo de arenisca de grano medio = Unidad D de la Formación El Cercado
 - Unidad 9. Paquete homogéneo de caliza mudstone a wackestone = Unidad B de la Formación El Cercado.
- Las unidades líticas de la zona de estudio comprenden un rango de batimetría de batial superior a nerítico inferior.
- Dentro de las etapas de la sedimentación se presentan algunos intervalos anóxicos los cuales dan lugar a la acumulación de materia orgánica. La historia geológica de la zona muestra intervalos de estabilidad tectónica y sedimentación continua con

la acumulación de tobas provenientes de los arcos volcánicos contemporáneos del occidente de México.

- Los contrastes litológicos de la columna estratigráfica se deben a episodios de inestabilidad tectónica y/o episodios de intensas lluvias en la fuente de origen los cual resultado en el aporte, los cuales contrastan con intervalos alternantes carentes de aporte de terrígenos.
- El empleo del método de los “Kinks” permitió determinar la estructura presente a lo largo del levantamiento geológico, dando resultados más precisos.
- El régimen tectónico que actúa en la zona es transpresivo, el cual de origen a: pliegues locales a lo largo de todo el caminamiento; fracturas; fallas laterales de desgarre; plegamiento de tipo caja (hongo); anticlinales asimétricos; estructuras tectónicas de imbricación, resultado de las estructuras en flor.
- Podría considerarse que las inversiones que presentan las unidades líticas, prácticamente a lo largo de todo el caminamiento, son el resultado de un cabalgamiento de las unidades antiguas sobre las jóvenes, no obstante, los resultados obtenidos nos muestran que ésa inversión en las unidades es el producto de un arreglo generado por el plegamiento regional de tipo caja (hongo).
- Se espera que el presente estudio sirva como una base para futuros estudios considerando la escasez de trabajos estratigráficos-estructurales en esta parte de la Cordillera Nuevoleonesa.
- No se encontró relación alguna del paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida de la Unidad 3, descrita en el apartado de unidades que afloran en el caminamiento (**Capítulo III**), con las demás unidades. No obstante, debido a que la zona de estudio presenta un régimen tectónico de tipo transpresivo (evidenciado por las fallas con desplazamiento a rumbo -fallas de desgarre- en el caminamiento en planta, **Anexo I**), se infiere que el paquete de la Unidad 3, se encuentra yuxtapuesto debido a dichas fallas con la unidad 1, cerca de las estaciones 35 y 36, y con la unidad 4 cerca de la estación 42. Probablemente el paquete homogéneo de caliza masiva sin estratificación definida (unidad 3) sea el más antiguo, ya que, de acuerdo con la evolución de la columna estratigráfica, parece más adecuado y acorde situarla en esa posición, debido a que, a partir de la litocorrelación con la ayuda de literatura previa, las unidades con mayor contenido carbonatado se encuentra en la parte inferior de la columna estratigráfica compuesta (**Figura 120**), mientras que las unidades con mayor contenido terrígeno se localizan en la parte superior, tal como lo muestra la Interpretación de los ambientes sedimentarios (**Capítulo VI**).

Recomendaciones

Se recomienda ampliamente realizar un trabajo a detalle que tome en cuenta la orientación de la estructura presente en la Sierra Potrero de Ábrego (pliegue de tipo caja - hongo-) para poder verificar y confirmar lo que en el presente se ha inferido de acuerdo a dicho plegamiento, así de esta manera se reforzaría la presencia de un régimen tectónico de tipo transpresivo en la región, dicho análisis –caminamiento- tendría una orientación norte-sur debido a que de esta forma se cortaría la estructura perpendicularmente a su rumbo, y así obtener una mejor apreciación de dicha estructura, se aconseja empezar las observaciones y el análisis por la parte sur de la sierra. Por otro lado, al realizar el caminamiento de forma perpendicular al rumbo de la estructura se observaría la variación de todas las unidades líticas presentes en la Sierra Potrero de Ábrego.

Se sugiere llevar a cabo el análisis de morfotectónica de las sierras aledañas –por medio de imágenes satelitales- para determinar cuál ha sido el movimiento preciso de las sierras dentro del régimen tectónico transpresivo en la zona, es decir, qué direcciones han tomado cada cual y de esta forma poder determinar cuál ha sido la acumulación y/o migración de posibles recursos en la zona.

Referencias

Referencias

- Álvarez, M. Jr. 1949. Tectonics of Mexico. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, **33** pp. 1319-1335.
- Barker, C.L. 1941. Upper Jurassic deposits and structures of the Monterrey – Saltillo area. South Texas Geological Society, Guidebook, 13 th. Annual Meeting Monterrey, México, 40 p.
- Blauser, W. H. 1981. The stratigraphy of the Taraises Formation, Lower Cretaceous, Mexico. West Texas Geological Society, Field Trip Guidebook, pp. 37 – 42.
- Bose, E. 1923. Vestiges of an ancient continent in Northern Mexico. *Am. Jour. Sci.*, 5th ser., **6**, pp. 127-136, 196-214, 310-337.
- Burkhardt, C. 1930. Etude Synthétique sur le Mésozoïque Mexicain. *Soc. Paleont. Suisse Mem.* **49-50**, 280 p.
- Cserna, Z. De. 1956. Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Torreón y Monterrey. *XX Congreso Geológico Internacional (México), Monografía.* 87 p.
- Gamper, M. 1977. Estratigrafía y Microfacies Cretácicas del Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental). *Sociedad Geológica Mexicana Boletín.* **38**, pp.1-10.
- Humphrey, W. 1956. Notes on the Geology of northeast Mexico Supplement to Guidebook, Laredo to Monterrey field trip. *Corpus Christi Geol. Society*, 41. p.
- Humphrey, W. y Díaz, T. 1956. Estratigrafía del Mesozoico y Tectónica de la Sierra Madre Oriental entre Monterrey, Nuevo León y Torreón, Coahuila. Excursión C-5, XX Congreso Geológico Internacional, México. pp.1-102.
- Imlay, R. W. 1936. Evolution of the Coahuila Península, México, Geology of the western part of *Geol. Soc. America Bull.*, **47**, pp. 1091-1152.
- Imlay, R. W. 1937. Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico. *Geol. Soc. America Bull.*, **48**, pp. 587-530.
- Imlay, R. W. 1938. Studies of the Mexican geosynclines. *Geol. Soc. America Bull.*, **49**, pp. 1651-1694.

- Imlay, R. W. 1943. Evidence for Upper Jurassic landmass in eastern Mexico. *American Association of Petroleum Geologists Bull.*, **27**, pp. 524-529.
- Kellum, L., Imlay, R. and Kane, W. 1936. Evolution of the Coahuila Península, México. Part. 1. Relations on structure, stratigraphy, and igneous activity to an early continental margin. *Geological Society of America Bulletin*. **47**, pp. 969-1008.
- Longoria, J. F. 1975. Estratigrafía de la Serie Comancheana del noreste de México. *Sociedad Geológica Mexicana Boletín*. **36**, pp. 31-59.
- Longoria, J. F. 1984. Mesozoic tectostratigraphic domains in east-central Mexico, east-central Mexico, in Westermann, G.E.G., (ed.), Jurassic-Cretaceous biochronology and paleogeography of North America. *Geological Association of Canada Special Paper*. **27**, pp.65-76.
- Longoria, J. F. 1985. Tectonic transpression in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico. An alternative model. *Geology*, **13**, pp. 343-456.
- Longoria, J. F. 1998. Manual de símbolos y perfiles para uso en trabajo geológico de campo.
- Longoria, J. F. y Dávila, V.M. 1979. Estratigrafía y microfacies del Cerro de la Silla de Monterrey. *Departamento de Geología de la Universidad de Sonora Boletín*. **2**, pp. 65-95.
- Longoria, J. F., Flores, E., e Hinojosa, J.J. 1996. Estudios estratigráficos en el Cañón de La Boca del Anticlinal Sierra de San Juan Bautista, Santiago, Nuevo León, México. *Departamento de Geología de la Universidad de Sonora Boletín*. **2**, p. 15-74.
- Longoria, J. F., Krutak, P. R. and Gamper, M.A. 1998. Geologic Studies in Nuevo León, NE México. *Sociedad Mexicana de Paleontología. Internacional Symposium on Foraminífera Special Publication*. 117 p.
- Longoria, J. F. and Monreal, R. 1991. Lithostratigraphy, microfacies, and depositional environments of the Mesozoic of Sierra La Nieve, Coahuila, northeast México. *Sociedad Geológica de España Revista*. **4**, pp.1-31.
- Moreno, Hirashi, J. A. 2009. Estratigrafía de El Tejocote Municipio de Santiago, Nuevo León, México. Universidad de Sonora, Tesis de Maestría en Ciencias-Geología. 102 p.
- Mulleried, F. K. G. 1944. Geología del Estado de Nuevo León. Universidad de Nuevo León. *Anales del instituto de investigación Científica*. **1**, pp. 1-33.

- Ocampo, E. 2008. Facies y sistemas de depósito del Miembro Arenoso Galeana. Formación Taráises, Cretácico Inferior, NE de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **25**, pp. 438-464.
- Padilla y Sánchez, R. J. 1978. Bosquejo Geológico–estructural de la Sierra Madre Oriental en el área de Linares–Galeana–San Roberto, Estado de Nuevo León. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Revista*. **2**, pp. 45–54.
- Pérez, A.E. 2006. Microfacies de la sección del Cretácico Inferior en la Sierra El Álamo, Sierra San Juan Bautista, Nuevo León. *Departamento de Geología de la Universidad de Sonora*. Tesis Licenciatura.
- Ross, M.A. 1981. Stratigraphy of the Tamaulipas limestone, Lower Cretaceous México West Texas. Geological Society Field Trip Guidebook, pp. 43-57.
- Sánchez-Vega, H.V. 1967. Vegetación de una porción del Anticlinal de los Muertos, Sierra Madre Oriental. *Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. Tesis de Licenciatura, 57p.
- Urrutia-Fucugauchi, J. 1981. Paleomagnetism of lower Tertiary volcanic and sedimentary rocks from central Chihuahua, northern Mexico. *Annales de Geophysique*. **37**, pp. 367-380.
- Urrutia-Fucugauchi, J. 1984. On the tectonic evolution of Mexico: Paleomagnetic constraints. R. Van der Voo; C.R. Scotese and N. Bonhommet (eds.), Plate Reconstruction from Paleozoic paleomagnetism: American Geophysical Union, Interim Report of Working Group 2 on the Phanerozoic Plate Tectonic Motions and Orogenesis, Publication 103. Geodynamic Series. **12**, pp. 29-47.
- Zwazinger, J.A. 1978. Geología Regional del sistema sedimentario Cupido. *Asociación de Geólogos Petroleros Boletín*. **30**, pp.1-56.

Referencias electrónicas

- INEGI, I. (2011, Enero 12). *Nuevo León*. Consultado Oct 25, 2012, de http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/basicos/estados/nl_geo.cfm
- Maps, Google (2012, Enero 1). *Nuevo León*. Consultado Oct 20, 2012, de <https://maps.google.com.mx/?ll=25.344026,-100.154114&spn=1.021424,1.234589&t=p&z=10>