



# UNIVERSIDAD DE SONORA

Departamento de Geología

## Estudio Geológico de la Sierra La Laguna, El Tejocote, Santiago, Nuevo León, México.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS -  
GEOLÓGIA**

PRESENTA

**ÁNGEL SALVADOR VARGAS  
CABAÑAS**



Hermosillo Sonora, Junio de 2017

## Agradecimientos

Agradezco al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo que me ha brindado a través de la beca otorgada en el transcurso del periodo de Agosto de 2015 a Julio de 2017 con número (CVU/Becario): 710980/586140.

Mi más sincero agradecimiento a todo el personal **docente y administrativo** de la **Universidad de Sonora**, especialmente al **Departamento de Geología** por ésta grata experiencia de formar parte de ella en mis estudios de posgrado.

Profundo agradecimiento a mi director de tesis, el **Dr. José Francisco Longoria Treviño** y al **Instituto Longoria de Investigaciones Científicas Aplicadas** por todo el apoyo logístico, académico, moral, y sobre todo la confianza depositada en mí. Realmente usted es un modelo a seguir, de nuevo, gracias.

Con el mismo sentir, agradezco a mi codirector de tesis, el **Dr. Rogelio Monreal Saavedra** por toda la paciencia, consejos y largas horas invertidas en revisiones a la tesis, la verdad es que sin su apoyo, no habría concluido el manuscrito tiempo y forma, Muchas gracias Dr.

Igualmente quiero agradecer a mis sinodales, el **M.C. Ismael Minjarez Sosa** y al **Dr. Juan José Palafox Reyes** por todas las observaciones, consejos, y correcciones a través de todo este proceso, a ustedes, muchas gracias.

*A mi familia, que sin su eterno, apoyo, hoy no sería el hombre que soy, ni estuviera en el lugar que estoy, espero que la vida me alcance para regresarles algo de lo mucho que ustedes me han dado. Gracias*

A mis compañeros de trabajo y amigos por el apoyo brindado en diversas etapas de este proceso.

## Índice Temático

RESUMEN .....	17
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 METODOLOGÍA.....	4
1.2.1 TRABAJO DE CAMPO .....	5
1.2.2 TRABAJO DE GABINETE .....	6
1.2.3 TRABAJO DE LABORATORIO .....	6
1.3 ANTECEDENTES .....	6
1.4 GEOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA .....	7
CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO.....	10
2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	10
2.1.1 LITOESTRATIGRAFÍA .....	10
2.2 RÉGIMEN TECTÓNICO Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA CORDILLERA NUEVOLEONESA.....	20
CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO ESTRUCTURAL.....	23
3.1 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO I (FIGURA 7) .....	25
3.2 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO II (FIGURA 7).....	31
3.4 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO IV (FIGURA 7).....	44
3.5 SECCIONES GEOLÓGICAS DE CAMPO EN DIVERSOS PUNTOS DE LA SIERRA LA LAGUNA (RADIALES 1) (FIGURA 7) .....	48
3.3 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO III (FIGURA 7) .....	53
3.6 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO V (FIGURA 7).....	63
3.6.1 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO SOBRE LA CAÑADA OJO DE AGUA DE LA SIERRA LA LAGUNA (FIGURA 7).....	71
3.7 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO VI (FIGURA 7).....	83
3.8 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO VII (FIGURA 7) (SECCIÓN GUSTAVO TORRES). 93	
3.9 SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO VIII (FIGURA 7).....	96
CAPÍTULO IV. UNIDADES LÍTICAS.....	98
4.1 MÉTODO DE DESCRIPCIÓN DE UNIDADES .....	98
4.2 UNIDADES LÍTICAS RECONOCIDAS EN LA PARTE CENTRAL DE LA SIERRA LA LAGUNA. .....	98
4.2.1 UNIDAD I .....	99

4.2.2 UNIDAD II .....	99
4.2.3 UNIDAD IIA.....	100
4.2.4 UNIDAD III .....	100
4.2.5 UNIDAD IV .....	101
4.2.6 UNIDAD V.....	101
4.2.7 UNIDAD VI.....	102
4.2.8 UNIDAD VII.....	102
4.3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA SECCIÓN A – A´ .....	103
4.4 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA SECCIÓN C - C´ .....	105
4.5 CORRELACIÓN DE LAS SECCIONES A – A´ Y C - C´ .....	107
CAPÍTULO V. SECCIÓN ESTRUCTURAL.....	109
5.1 SECCIÓN ESTRUCTURAL A – A´ .....	109
5.2 SECCIÓN ESTRUCTURAL B – B´ – B’’ .....	111
5.3 SECCIÓN ESTRUCTURAL C – C´ .....	113
5.4 ESTRUCTURA GEOLÓGICA.....	115
CAPÍTULO VI. LITOCORRELACIÓN .....	119
6.1 UNIDAD I .....	119
6.2 UNIDADES II, IIA, III, IV, V, VI Y VII .....	120
6.3 UNIDAD VII.....	121
CAPÍTULO VII. AMBIENTE DE DEPÓSITO.....	121
7.1 UNIDADES II, IIA, III, IV, V Y VI (FORMACIÓN LA CASITA) .....	121
7.2 UNIDAD VII (CALIZA SAN ANGEL) .....	122
7.3 UNIDAD I (FORMACIÓN EL CERCADO) .....	122
CAPÍTULO VIII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN .....	123
REFERENCIAS CITADAS.....	127
ANEXOS.....	130
ANEXO I BASE DE DATOS LA SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO 6 .....	130
ANEXO II BASE DE DATOS DE LA SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO 7 .....	131
ANEXO III BASE DE DATOS LA SECCIÓN GEOLÓGICA DE CAMPO 8.....	134
ANEXO IV MAPA GEOLÓGICO .....	139

## Índice de figuras

Figura 1.- A) Imagen Landsat, (Google Eart) orientada W – E, mostrando la localización de la Sierra de La Laguna y las localidades cercanas. B) Imagen Landsat (Google Earth), orientada W - E mostrando la localización del área de estudio (recuadro color blanco) y las localidades cercanas.....	3
Figura 2.- Mapa de referencia regional del área de estudio. Cota cada 100 m, mostrando la topografía dela Sierra La Laguna.....	4
Figura 3.- Esquema mostrando la metodología utilizada en el proyecto.....	5
Figura 4.- Mapa Fisiográfico del estado de Nuevo León y estados contiguos, que muestra las provincias geológicas reconocidas en Nuevo León, de sur a norte son: 1) El altiplano (Mesa Central); 2) La Cordillera Mexicana, también conocida como Sierra Madre Oriental; 3) Las Sierras Tamaulipecas; 4) La Cuenca de Burgos (Cuenca de Burgos o Llanura Costera del Golfo); y 5) El Macizo Burros-Picachos (Plataforma de Burros-Picachos). Tomado de Longoria (1998).....	9
Figura 5.- Columna estratigráfica sintética de la sucesión Mesozoica de la Cordillera Nuevoleonesa mostrando las formaciones comúnmente en uso y los dominios paleogeográficos que representan (tomado de Longoria, 1998). .....	10
Figura 6.- Interpretación morfotectónica mostrando las fallas identificadas en la región: Torreón, Monterrey, Saltillo, San Marcos, Galeana, San Julián, Villagrán, Temazunchale, y Matehuala (tomado de Longoria, 1991).....	22
Figura 7.- Imagen Landsat (Google Earth), orientada W – E, mostrando la localización general de los secciones geológicas de campo enmarcadas con los siguientes colores: sección I.- línea amarilla; sección II.- línea roja; sección III.- línea morada; sección IV.- línea rosa; sección V.- línea azul rey; sección VI.- puntos blancos; sección VII.- línea negra y sección VIII.- línea azul cielo. ....	24
Figura 8 .- Perfil local de campo SW-NE de la estación A2 hasta la estación A3, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 26.7 m, parcialmente cubierto.....	25

Figura 9.- Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación A7 hasta la estación A8, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 22.5 m, parcialmente cubierto.....	27
Figura 10.- Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación A20 hasta la estación A21. La longitud del afloramiento es de 9.2 m, parcialmente cubierto. ....	29
Figura 11.- Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación A2 hasta la estación A22. La longitud del afloramiento es de 24.1 m, parcialmente cubierto. ....	30
Figura 12.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 23 hasta la estación 24. La longitud del afloramiento es de 10.2 m, parcialmente cubierto. ....	30
Figura 13.- Perfil local de campo SW-NE desde la estación 2 hasta la estación 3. La longitud del afloramiento es de 13 m, parcialmente cubierto. ....	31
Figura 14.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 4 hasta la estación 5, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 18 m.....	32
Figura 15.- Perfil local de campo SW - NE de la estación 5 hasta la estación 6. La longitud del afloramiento es de 14 m. ....	33
Figura 16.- Perfil local de campo SW - NE de la estación 8 hasta la estación 9. La longitud del afloramiento es de 20 m, parcialmente cubierto. ....	33
Figura 17.- Perfil local de campo SW-NE dibujado desde la estación 9 hasta la estación 10. La longitud del afloramiento es de 12 m.....	34
Figura 18.- Fotografía de campo de la Unidad III, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M008, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE .	35
Figura 19.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 10 hasta la estación 11. La longitud del afloramiento es de 14 m. ....	35
Figura 20.- Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación 11 hasta la estación 12. La longitud del afloramiento es de 12 m, parcialmente cubierto.....	36

Figura 21.- Fotografía de campo de la Unidad III, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M014, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.	37
Figura 22.- Fotografía de campo de la Unidad III, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M015, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.	37
Figura 23.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 12 hasta la estación 13. La longitud del afloramiento es de 20 m, parcialmente cubierto.....	38
Figura 24.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 13 hasta la estación 14. La longitud del afloramiento es de 15 m. ....	38
Figura 25.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 15 hasta la estación 16, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15 m, parcialmente cubierto.....	39
Figura 26.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 17 hasta la estación 18, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 13 m.....	40
Figura 27.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento de la estación 18 hasta la estación 19, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 19 m, parcialmente cubierto.....	40
Figura 28.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 19 hasta la estación 20, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 16 m, parcialmente cubierto. ....	41
Figura 29.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 20 hasta la estación 21, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 19 m, parcialmente cubierto.....	41
Figura 30.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 21 hasta la estación 22, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 10.60 m, parcialmente cubierto.....	42
Figura 31.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 26 hasta la estación 27, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 23.6 m.....	42

Figura 32.- Perfil local de campo SW-NE de la estación 32 hasta la estación 33, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es d 14.1 m.....	43
Figura 46.- Perfil local de campo SW-NE de la estación B1 hasta la estación B2, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 20 m.....	44
Figura 47 .- Perfil local de campo SW-NE de la estación B16 m hasta la estación B17 m. La longitud del afloramiento es de 14.5 m.....	46
Figura 48.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación B21 hasta la estación B22. La longitud del afloramiento es de 40.8 m.	47
Figura 49.- Perfil local de campo SW-NE de la radial R3 hasta la radial R4, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.52 m.....	48
Figura 50.- Perfil local de campo SW-NE de la radial R2 – R3, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 59 m. ....	49
Figura 51.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la radial R5 - R6, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es 7.2 m.	49
Figura 52.- Perfil local de campo SW-NE de la radial R16 hasta la radial R17, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 47 m.....	50
Figura 53.- Perfil local de campo SW-NE de la radial R9 hasta la estación R9. La longitud del segmento es 33.6 m. ....	51
Figura 54.- Perfil local de campo SE-NW de la radial R18 hasta la radial R19. La longitud del segmento es 33.8 m. ....	52
Figura 55.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación R14 hasta la estación R14B, mostrando el echado aparente. La longitud de la estación es de 13.4 m. ....	52
Figura 56.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la radial R15 hasta la radial R15B, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 16.32 m. ....	53

Figura 33.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 16 hasta la estación C1. La longitud del afloramiento es de 13 m.....	54
Figura 34.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C1 hasta la estación C2, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.4 m.....	54
Figura 35.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C2 hasta la estación C3. La longitud del afloramiento es de 10 m. ....	55
Figura 36.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C3 hasta la estación C4. La longitud del afloramiento es de 16.40 m. .	55
Figura 37.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C4 hasta la estación C5, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 8.50 m.....	56
Figura 38.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C5 hasta la estación C6. La longitud del afloramiento es de 16 m. ....	56
Figura 39.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C6 m hasta la estación C7, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 10.30 m, parcialmente cubierto. ....	57
Figura 40.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C7 hasta la estación C8, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15 m. ....	57
Figura 41.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C8 hasta la estación C9, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.6 m, parcialmente cubierto.....	58
Figura 42.- Fotografía de campo de la Unidad VII, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M046, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.....	61
Figura 43.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C33 hasta la estación C34. La longitud del afloramiento es de 37.7 m.....	61

Figura 44.- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C37 m hasta la estación C38 m. La longitud del afloramiento es de 16.8 m.....	63
Figura 45.- Perfil local de campo SW-NE de la estación C39 hasta la estación C40, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 92.7 m. ....	63
Figura 57.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E1 hasta la estación E0, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 35.2 m.....	64
Figura 58.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E1 hasta la estación E2, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.3 m.....	64
Figura 59.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E5 hasta la estación E6, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.2 m.....	65
Figura 60.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E10 hasta la estación E11, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 11 m.....	67
Figura 61.- Perfil local de campo NW - SE de la estación E20 hasta la estación E19. La longitud del afloramiento es de 19.1 m.....	68
Figura 62.- Perfil local de campo NW - SE de la estación E20 hasta la estación E21. La longitud del afloramiento es de 19.1 m.....	69
Figura 63.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E29 hasta la estación E30, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 12.2 m. ....	70
Figura 64.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E10 hasta la estación E32, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 8.30 m.....	71
Figura 65.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E33 hasta la estación E34, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 20.5 m.....	72
Figura 66.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E34 hasta la estación E35, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.6 m.....	73

Figura 67.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E35 hasta la estación E36, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15.30 m.....	73
Figura 68.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E38 hasta la estación E39, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15.50 m.....	74
Figura 69.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E43 hasta la estación E44, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 12 m.....	75
Figura 70.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E45 hasta la estación E46, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.60 m.....	76
Figura 71.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E46 hasta la estación E47, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 8 m.....	77
Figura 72.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E51 hasta la estación E52. La longitud del afloramiento es de 18.7 m. ....	78
Figura 73.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E53 hasta la estación E54. La longitud del afloramiento es de 23.7 m. ....	79
Figura 74.- Fotografía de campo de la Unidad VI, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M17, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.....	80
Figura 75.- Fotografía mostrando ejemplares de amonites encontrados entre las estaciones E55-E56 sobre la Unidad VI. ....	80
Figura 76.- Perfil local de campo NW-SE de la estación E55 hasta la estación E56, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 4.9 m.....	81
Figura 77.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E56 hasta la estación E57, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 24 m.....	81
Figura 78.- Fotografía de campo de la Unidad VII, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M18, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.....	82

Figura 79.- Perfil local de campo SW-NE de la estación E58 hasta la estación E59, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 25.95 m..... 83

Figura 80.- Fotografías de campo de la Unidad I, mostrando los afloramientos donde se colectaron muestras, A: muestra 1, orientación de la fotografía SW – NE vista al SE; B: muestra 20, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW... 84

Figura 81.- Fotografía de campo de la Unidad I (derecha) y II (izquierda) mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra 30. El recuadro color negro muestra el punto de referencia: casa de Gustavo Torres. La línea punteada color roja muestra la orientación de la cañada NE – SW, que separa las unidades I y II donde se interpretó una falla de rumbo. Orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE. .... 85

Figura 82.- Fotografía de campo mostrando el lugar donde se interpretó la yuxtaposición (línea punteada color roja) de unidades con contrastantes dominios paleogeográficos. Referencia: portón de entrada a casa de Gustavo Torres. Orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE, litología correspondiente a las unidades de I (derecha) y II (izquierda); orientación de la cañada SW – NE..... 86

Figura 83.- Fotografías de campo de la Unidad II mostrando los afloramientos donde se colectaron muestras, A: muestra 40, orientación de la fotografía SW - NE vista al NW; B: muestra 32, orientación de la fotografía W – E, vista al N; C: muestras 44 y 45, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW; D: muestra 30, orientación de la fotografía W – E, vista al N. .... 87

Figura 84.- Fotografía de campo de la Unidad IIA (olistolito 1) rodeada por la línea continua color blanca y señalado por la flecha color roja, lugar donde se colectaron las muestras 47, 48, 49, 50, 51. Y la Unidad II señalado por las flechas color amarillo; las líneas negras representan el buzamiento real, ya que las marcas que se observan en la pared del afloramiento corresponden a él raspado del brazo mecánica de una retroexcavadora. Orientación de la fotografía SE – NW vista al NE..... 88

Figura 85.- Fotografías de campo de la Unidad IIA (olistolito) mostrando los afloramientos donde se colectaron muestras, A: muestra 28, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW; B: muestra 7, orientación de la fotografía SW – NE, vista al SE.....	89
Figura 86.- Fotografía de campo de la Unidad V, mostrando el afloramiento donde se colectaron las muestras 38 y 39, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW.....	90
Figura 87.- Fotografía de la Unidad 5 (izquierda) y unidades II y III (derecha) en contacto por falla sobre la cañada señalada con la línea punteada color negra, orientada NW - SE. Sobre el afloramiento de la Unidad V se colectaron las muestras 4, 5 y 6.; la línea continua color negra señala el contacto entre las unidades II y III, orientación de la fotografía SW – NE vista al NW. ....	91
Figura 88.- Fotografía de campo de la Unidad VII, mostrando el lugar donde se colectaron muestras: A: muestra 10, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE; B: muestra 11, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.....	92
Figura 89.- Representación esquemática de la distribución de las estaciones, la litología y las actitudes estructurales del levantamiento estratigráfico – estructural 7.....	95
Figura 90.- Representación esquemática de la distribución de las estaciones, la litología y las actitudes estructurales del levantamiento estratigráfico – estructural 8.....	97
Figura 91.- Columna estratigráfica de la sección A – A' .....	104
Figura 92.- Columna estratigráfica de la sección C – C' .....	106
Figura 93.- Correlación de las secciones A – A' y C - C' .....	108
Figura 94.- Sección geológica A – A' en la parte central de la Sierra La Laguna, orientación del perfil SW – NE. Explicación de numeración de estaciones y muestras: levantamiento 1, estaciones: A1, A1, A3. Levantamiento 2, estaciones: 1, 2, 3... radiales R1, R2, R3... muestras: M001, M002, M003. Levantamiento 3,	

estaciones: C1, C2, C3... muestras: M004, M005, M006 (continuación de secuencia del levantamiento 2). Levantamiento 6, estaciones: P1, P2, P3... muestras: 1, 2, 3... 110

Figura 95.- Sección geológica B – B' - B' en la parte central de la Sierra de La Laguna, orientación del perfil NW - SE. Explicación de numeración de estaciones y muestras: levantamiento 4, estaciones: B1, B2, B3. Levantamiento 5, estaciones: E1, E2, E3... radiales: ER1, ER2, ER3... muestras M01, M02, M03. Levantamiento 6, estaciones: P1, P2, P3... muestras: 1, 2 3. Levantamiento 7, estaciones: 1, 2, 3... muestras: CG1+0, CG2+0, CG3+0. Levantamiento 8, estaciones: D1, D2, D3... muestras: CT1+0. CT2+0, CT3+0. 112

Figura 96.- Sección geológica C - C' en la parte SE de la Sierra La Laguna, orientación del perfil SW – NE. Explicación de numeración de estaciones y muestras: Levantamiento 7, estaciones: 1, 2, 3... muestras: CG1+0, CG2+0, CG3+0. 114

Figura 97.- Fotografía panorámica de campo de la Sierra La Laguna, orientada SE – NW con vista al SW. Línea punteada color negro señala el contacto litológico entre la Formación La Casita (unidades, II, III, IV, V y VI) y la Caliza San Angel (Unidad VII). Líneas continuas color blanco señalan 3 fallas, de las cuales dos corresponden a fallas de rumbo y una a falla de cabalgadura. La falla de rumbo de mayor longitud (Falla el Tejocote) yuxtapone las formaciones El Cercado (Unidad I) y La Casita (unidades II, III, IV, V y VI). Flechas punteadas color blanco señalan los olistolitos. Flechas negras señalan referencias geográficas. 117

Figura 98.- Esquema idealizado de pliegues en caja, estructuras geológicas típicas en la región, los 4 ejemplos representan los posibles escenarios de ruptura, de acuerdo a la intensidad y dirección de los esfuerzos. La dirección SW – NE, fue usada respondiendo a la orientación de la falla de cabalgadura y de la Sierra La Laguna. 118

Figura 99.- Mapa geológico mostrando las unidades líticas, fallas y pliegues que conforman la Sierra La Laguna. 126

## **Índice de Anexos**

Anexo I.- Tabla de datos de todos los puntos obtenidos en la sección geológica de campo 6.....	130
Anexo II.- Tabla de datos de todos los puntos obtenidos en la sección geológica de campo 7.....	131
Anexo III.- Tabla de datos de todos los puntos obtenidos en la sección geológica de campo 8.....	134
Anexo IV.- Mapa geológico.....	139

## Resumen

El presente trabajo reporta por primera vez la estratigrafía y estructura de la sucesión estratigráfica expuesta en la parte central del flanco sur de la Sierra La Laguna, localizada al noreste de la comunidad Laguna de Sánchez, en el municipio de Santiago, Nuevo León, Y localizado dentro del parque nacional Cumbres de Monterrey, en la Cordillera Nuevoleonesa (Sierra Madre Oriental). Se estableció la secuencia estratigráfica de esta localidad, la cual tiene un espesor de 982.3 m, compuesta de rocas sedimentarias marinas terrígenas y carbonatadas, y la cuál se dividió en 7 unidades líticas, las cuales son litocorrelacionables estratigráficamente de la base a la cima, como la Formación El Cercado (Unidad I), Formación La Casita (unidades II, IIA, III, IV, V y VI) y Caliza San Angel (Unidad VII). Estas unidades representan ambientes sedimentarios que van desde la plataforma (rampa externa) hasta la cuenca y contienen el intervalo comprendido del Jurásico Superior (Kimmeridgiense) hasta el Cretácico Superior (Maestrichtense). Las determinaciones cronoestratigráficas fueron establecidas en base a fauna de amonites y foraminíferos, principalmente planctónicos. Todo el conjunto faunístico de la Unidad I, es decir la Formación El Cercado, permite asignarle un rango cronoestratigráfico que va del Campaniense al Maastrichtiense Inferior. En la unidad II se identificaron las amonitas del Kimmeridgiense, y en la Unidad VI se identificaron las amonitas del Titoniense.

Los elementos estructurales que conforman a la Sierra La Laguna son: una familia de fallas de rumbo, una falla de cabalgadura, además de un anticlinal cerrado en la parte norte, orientado NW - SE, teniendo en el eje del anticlinal a la Formación La Casita. Seguido de un sinclinal abierto ligeramente volcado, en la parte sur, orientado NW – SE, teniendo en el núcleo a La Caliza San Angel, la cual forma grandes acantilados escarpados.

Palabras clave: Sierra La Laguna, fósiles, falla de rumbo, anticlinal, sinclinal.

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

El estado de Nuevo León es una región predominantemente montañosa, y está cubierta en su mitad sur por la Cordillera Nuevoleonesa. En numerosas localidades la sucesión estratigráfica se expone de manera continua, lo que permite y facilita la realización de estudios geológicos sistemáticos (Longoria, Flores, Hinojosa & Silva, 1996) como el que se presenta en este trabajo.

En el municipio de Santiago, Nuevo León ubicado al S-SE de la ciudad de Monterrey, se encuentran estructuras geológicas que forman cadenas montañosas de grandes elevaciones las cuales llegan a alcanzar hasta 3300 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), formando megaestructuras a lo largo del tren estructural, la Sierra La Laguna ubicada al N-NW del poblado de Laguna de Sánchez y al S-SW del Instituto Longoria de Investigaciones Científicas Aplicadas (ILICA), es una de las numerosas megaestructuras, de la cual se conoce su estructura geológica general, en ella se observa bien desarrollada una secuencia alternante de calizas y lutitas correspondientes al flysch pelítico, el cual es de interés particular ya que representa un evento geológico a escala regional (Longoria, 1998).

El presente estudio comprende un análisis estratigráfico y levantamientos estructurales de las secuencias Jurásicas y Cretácicas expuestas en el flanco sur de la Sierra La Laguna.

La geología del estado de Nuevo León y la estratigrafía en particular, se conocen de una forma muy vaga, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo primario aportar datos litoestratigráficos y de la estructura general de la Sierra La Laguna, ya que hasta donde se conoce, no se sabe de ningún estudio previo que se halla enfocado a dar a conocer las características litológicas de las unidades presentes y de su megaestructura.

Cabe mencionar que no se cuenta con suficiente información paleogeográfica del NE de México, por lo que es difícil entender la historia geológica de la región y la comparación con estructuras de otras provincias geológicas resulta dudosa, de ahí la importancia de conocer las características cualitativas de estructuras regionales como es el caso de la Sierra La Laguna. A su vez se desconoce la estructura y el origen de los bloques de caliza distribuidos en la parte media de la Sierra La Laguna.

El presente estudio fue motivado por la carencia de información geológica que permitiera establecer las relaciones estratigráficas y estructurales de las unidades líticas que conforman la Sierra La Laguna para poder posicionarlas cronoestratigráficamente. Esta carencia de información ha orillado a que las unidades expuestas fueran nombradas de manera informal como formaciones San Felipe y Agua Nueva.

Los objetivos del presente trabajo son describir el comportamiento estratigráfico – estructural, posicionar cronoestratigráficamente y reportar por primera vez las unidades líticas de la Sierra La Laguna. En base a ello elaborar un mapa geológico para situar las unidades líticas en un contexto regional en el noreste de México.

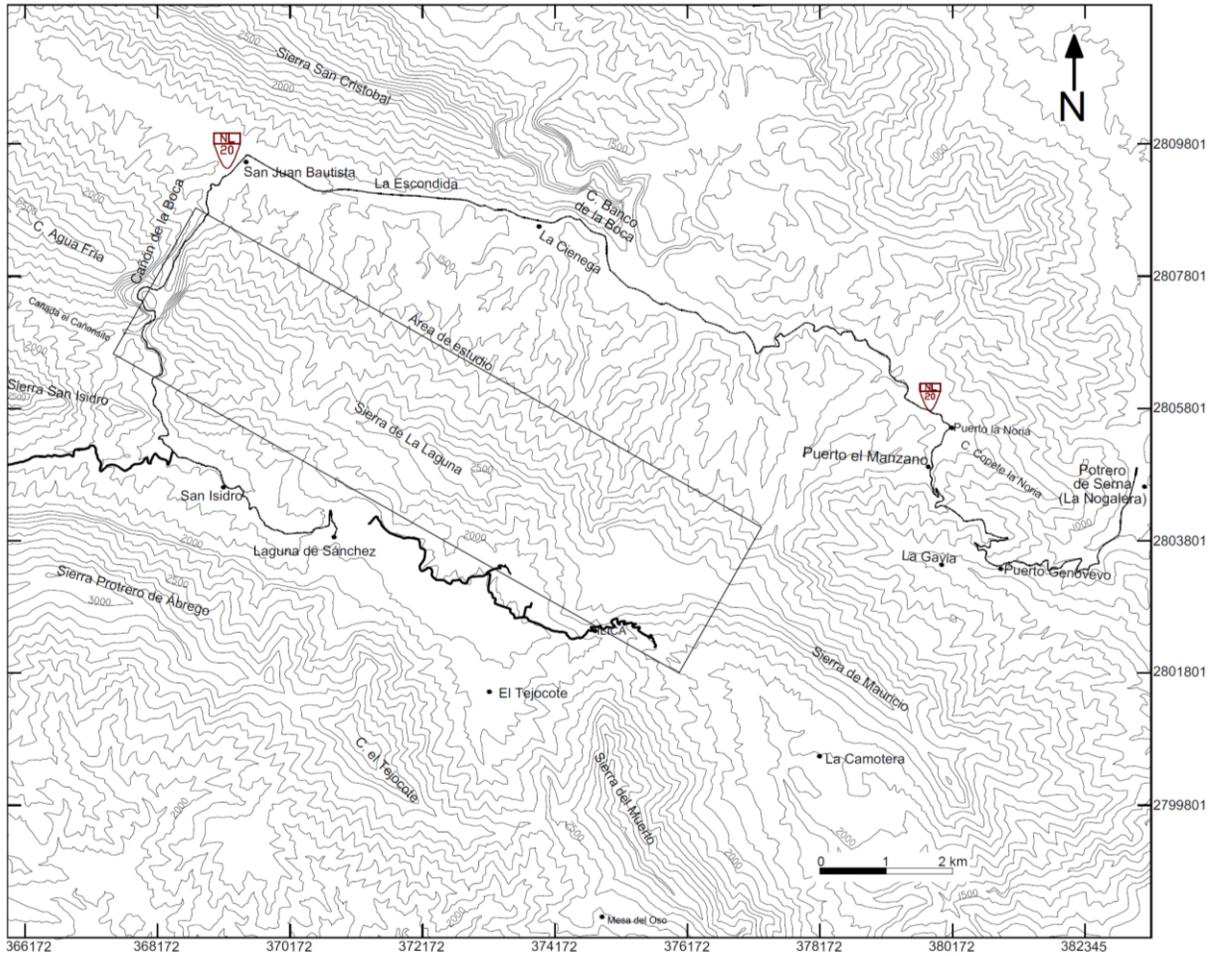
El acceso al área de estudio y las instalaciones de ILICA es a través de la carretera NL 20 que une al poblado El Cercado en el municipio de Santiago, Nuevo León, y la comunidad de Laguna de Sánchez, en una distancia de 40 km. También se puede acceder a través de la carretera NL 20 que une los estados de Nuevo León y Coahuila la cual intercepta con la carretera federal 57D al SE de Arteaga, Coahuila.

Para la realización del trabajo de campo se contó con las instalaciones del Instituto Longoria de Investigaciones Científicas aplicadas, ubicadas al sureste del área de estudio, aproximadamente a 2 km, teniendo como principal vía de acceso el camino rural de terracería, Laguna de Sánchez – La Camotera.



**Figura 1.-** A) Imagen Landsat, (Google Eart) orientada W – E, mostrando la localización de la Sierra de La Laguna y las localidades cercanas. B) Imagen Landsat (Google Earth), orientada W - E mostrando la localización del área de estudio (recuadro color blanco) y las localidades cercanas.

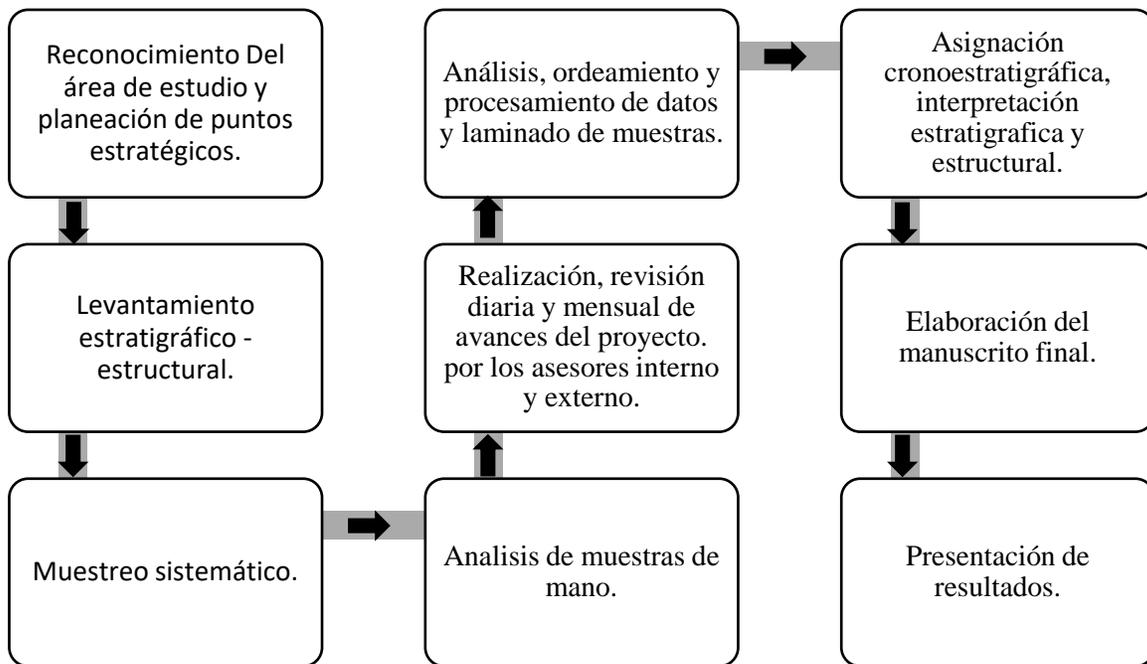
La Sierra La Laguna está enclavada en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey entre la localidad de Laguna de Sánchez y El Tejocote, en el municipio de Santiago, Nuevo León. Mientras que el Instituto Longoria de Investigaciones Científicas Aplicadas (ILICA) se localiza en el camino a La Camotera S/N, El Tejocote, Santiago, Nuevo León (Figuras 1 y 2).



**Figura 2.-** Mapa de referencia regional del área de estudio. Cota cada 100 m, mostrando la topografía de la Sierra La Laguna.

## 1.2 Metodología

La metodología que se describe a continuación (Figura 3) permitió recabar y procesar toda la información cualitativa y cuantitativa de los rasgos geológicos (litológicos y estructurales) a través de varios levantamientos estratigráfico - estructurales a lo largo del flanco sur de la Sierra La Laguna.



**Figura 3.-** Esquema mostrando la metodología utilizada en el proyecto.

### 1.2.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó de acuerdo al Manual de Geología de Campo de ILICA, consiste en el reconocimiento del área de estudio, planeación de secciones a levantar e identificación de unidades líticas sin adoptar nombres de formaciones.

Al iniciar un levantamiento estratigráfico-estructural se ubica la estación de referencia utilizando GPS, se describe la geología de cada afloramiento, así como la toma de datos estructurales y perfiles locales, con la correspondiente localización de las muestras de rocas.

Los levantamientos estratigráfico-estructurales se realizaron por medio del método de cinta y Brújula por medio de estaciones, en cada intervalo o estación se tomaron los siguientes datos:

1) la dirección o visual entre estación y estación; 2) ángulo de pendiente; 3) se dibuja un perfil local de los afloramientos en cada estación; 4) se describen los paquetes de rocas (unidades líticas de campo); y 5) se registran todos los rasgos físicos de los paquetes rocosos, observados en el intervalo representado en la estación.

Además, se llevó a cabo un muestreo sistemático a lo largo de los caminamientos, se identificaron y describieron las unidades líticas de acuerdo a sus características físicas

incluyendo tipo de litología; color tanto en superficie fresca como en superficie intemperizada; tipo de estratificación; homogeneidad; espesor de los estratos; tipo de contacto con otras unidades.

El trabajo de campo y la descripción de las unidades (paquetes líticos) se llevó a cabo de forma independiente a los nombres formacionales usados en trabajos previos con el objetivo de evitar un uso erróneo de nomenclatura estratigráfica.

### **1.2.2 Trabajo de gabinete**

Con los datos de campo se procedió a la elaboración de:

- La planta de los caminamientos;
- El cálculo de espesores verdaderos utilizando el método gráfico implementado en el Manual de Campo ILICA;
- La columna estratigráfica;
- Los perfiles locales;
- Las secciones estructurales;
- Interpretación de la historia geológica en base a la información.
- Manuscrito final.

### **1.2.3 Trabajo de laboratorio**

Una vez llevadas las muestras al laboratorio de petrología de la Universidad de Sonora, las muestras fueron cortadas y laminadas para su posterior análisis bajo microscopio petrográfico, y para la identificación de microfósiles que estuvo a cargo del Dr. José Francisco Longoria.

## **1.3 Antecedentes**

Realmente es poco lo que se conoce sobre la geología del flanco sur de la Sierra La Laguna, ya que solo se conocen interpretaciones informales basadas en la expresión geomorfológica de las unidades líticas, atribuyendo dichas unidades a formaciones tales como San Felipe y Agua Nueva.

Los trabajos pioneros por Bose (1923) e Imlay (1937, 1938, 1939, 1943) sobre el NE de México establecen los lineamientos tectónicos generales de la región. Esos mismos autores establecen la distribución de tierras positivas en México durante el Jurásico tardío y su evolución a través del Cretácico y Terciario temprano. Los primeros estudios geológicos en el estado de Nuevo León fueron realizados por Mullerred (1944) quien dio a conocer de una manera muy general, un inventario de las estructuras geológicas del estado. Ése autor resalta la complejidad de la geología de la cadena montañosa en el sur del estado de Nuevo León.

Longoria 1975 y 1984 establece la estratigrafía de la Serie Comancheana del noreste de México. En 1998 ese mismo autor presenta la estratigrafía y tectónica de la Cordillera Nuevoleonesa.

Por otra parte, Longoria et al. (1996) en su estudio estratigráfico en el Cañón de la Boca hacen mención de la Sierra La Laguna refiriéndose que ésta se encuentra separada de la Sierra de San Juan Bautista por el Cañón de la Boca, lo que permite suponer que esas dos estructuras están relacionadas. Del mismo trabajo se considera a la Sierra La Laguna como parte del Cinturón Transverso del Segmento Victoria de la Cordillera Mexicana corriendo en dirección SE – NW.

## **1.4 Geografía y Fisiografía**

En general, el estado de Nuevo León es una región montañosa; aproximadamente la mitad de su superficie está cubierta por la Cordillera Mexicana. Este sistema montañoso es la característica fisiográfica predominante en el este y centro de México, que se extiende desde la frontera sur con Guatemala y hacia el norte a través de todo el país a la frontera con Estados Unidos. Las partes central y norte del estado se caracterizan por las sierras aisladas de las Sierras Tamaulipecas y las tierras bajas de la Llanura Costera del Golfo. Las relaciones reales de la Cordillera Mexicana con la Cordillera de los Estados Unidos y Canadá siguen siendo indefinidas, a pesar de que parecen compartir una historia paleogeográfica común (Longoria, 1998).

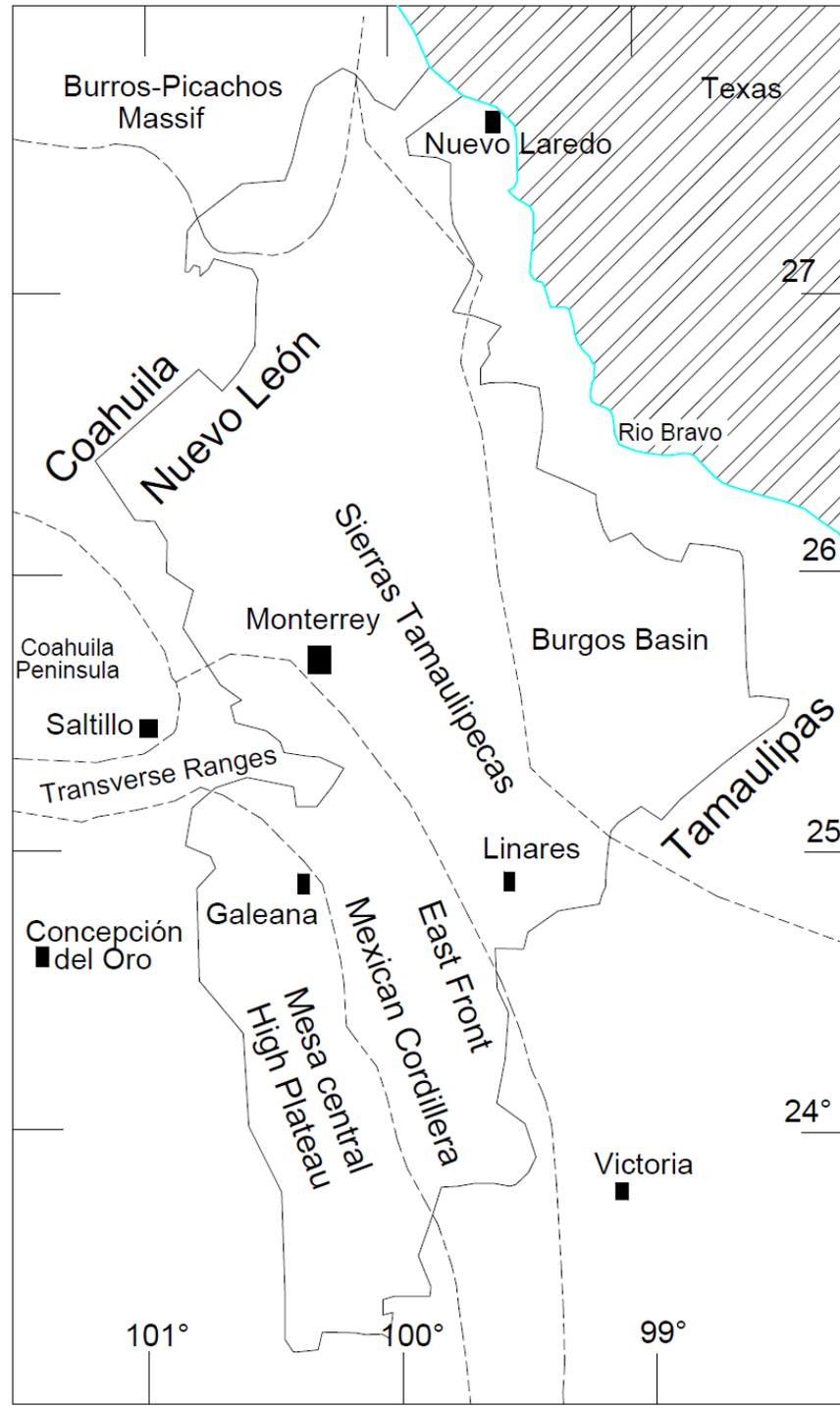
El estado de Nuevo León tiene una superficie de 64,156 kilómetros cuadrados y se divide en 51 municipios. Se caracteriza por su topografía y fisiografía contrastante, que va desde los valles abiertos y las tierras bajas de la Llanura Costera del Golfo en el norte y noreste, con

condiciones climáticas áridas y semiáridas. El sur y suroeste es la región montañosa, que incluye cadenas montañosas que alcanzan una elevación de más de 3000 m.s.n.m. y con un clima templado (Longoria, 1998).

La Cordillera Mexicana es un término general que se aplica a la característica fisiográfica que contiene principalmente cuatro segmentos basados en la historia paleogeográfica y tectónica, de sur a norte: Sierra Madre del Sur, Juárez, Huayacocotla, y Victoria. El Segmento Victoria corre desde Victoria, Tamaulipas hasta las inmediaciones y sur de Monterrey, definiendo el frente del sector este. Llegando a este punto el oroclinal se curva hacia el oeste, definiendo las Sierras Transversales (Longoria, 1998).

El estado de Nuevo León contiene cinco provincias geológicas (Figura 5), con una orientación general SE-NW, son de sur a norte: 1) El Altiplano (Mesa Central); 2) La Cordillera Mexicana, también conocida como “Sierra Madre Oriental”; 3) Las Sierras Tamaulipecas; 4) La Cuenca de Burgos (Cuenca de Burgos o Llanura Costera del Golfo); y 5) El Macizo Burros-Picachos (Plataforma de Burros-Picachos) (Longoria, 1998).

El sistema hidrológico de Nuevo León comprende cuatro cuencas principales; (1) el Río Salado o Cuenca del Norte; (2) la gran Cuenca Central definido por los ríos el Pilón, Pesquería, y San Juan; (3) La cuenca del Río Conchos del Sureste; y (4) la Cuenca del Río Purificación que drena la Cordillera Nuevoleonesa desde la parte sureste del estado (municipios de Zaragoza y Aramberri) (López Ramos, 1979).



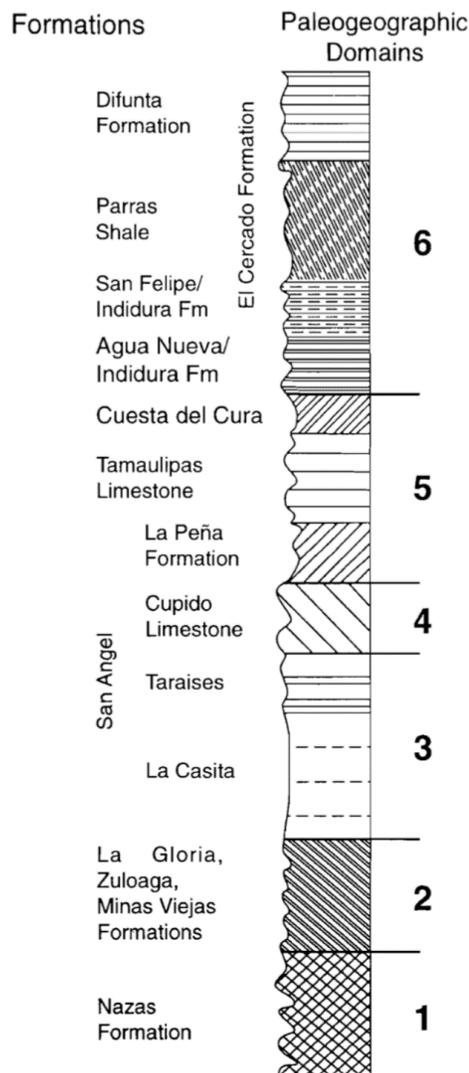
**Figura 4.-** Mapa Fisiográfico del estado de Nuevo León y estados contiguos, que muestra las provincias geológicas reconocidas en Nuevo León, de sur a norte son: 1) El altiplano (Mesa Central); 2) La Cordillera Mexicana, también conocida como Sierra Madre Oriental; 3) Las Sierras Tamaulipecas; 4) La Cuenca de Burgos (Cuenca de Burgos o Llanura Costera del Golfo); y 5) El Macizo Burros-Picachos (Plataforma de Burros-Picachos). Tomado de Longoria (1998).

## CAPÍTULO II. MARCO GEOLÓGICO

### 2.1 Marco geológico regional

#### 2.1.1 Litoestratigrafía

La sucesión estratigráfica Mesozoica del estado de Nuevo León comprende sedimentos terrígenos y marinos de edades entre el Triásico - Jurásico Temprano y el Cretácico Tardío, reconociéndose las siguientes unidades litoestratigráficas (Longoria, 1998) (Figura 5).



**Figura 5.-** Columna estratigráfica sintética de la sucesión Mesozoica de la Cordillera Nuevoleonesa mostrando las formaciones comúnmente en uso y los dominios paleogeográficos que representan (tomado de Longoria, 1998).

**Formación Nazas** (Imlay, 1938): La Formación Nazas es la unidad más antigua del Mesozoico expuesta en el Estado de Nuevo León. Está constituida de una alternancia irregular de lavas ácidas a intermedias, tobas, areniscas de grano grueso y conglomerados de coloración rojiza. La falta de fósiles impide la asignación de la posición cronoestratigráfica de esta unidad. Se ha referido al Jurásico Inferior por Imlay (1938).

Rocas de naturaleza similar están expuestas más al sur en la zona de Peregrina y Huizachal, en el estado de Tamaulipas, que se asignan a la Formación Huizachal (Imlay, 1938), quien la atribuye al Triásico. El estratotipo de la unidad se localiza en el lado suroeste del Valle El Huizachal, 20 kilómetros al S-SW de Ciudad Victoria. La Formación Huizachal se depositó durante el Triásico tardío y se identifica como "capas rojas" continentales subyacentes en discordancia a rocas marinas del Jurásico Superior (Longoria, 1998).

La Formación Huizachal está compuesta por sedimentos arcillosos, color rojo, limolita, arenisca de grano fino, cuarzoarenita, y conglomerado. Generalmente los conglomerados están distribuidos en los distintos niveles de la formación. La relación entre las formaciones Huizachal y Nazas sigue siendo poco clara. La litología de ambas unidades refleja claramente la sedimentación terrígena en un ambiente de rift (Longoria, 1998).

**Yeso Minas Viejas** (Wall, Murray, & Díaz, 1961): La unidad marina mesozoica más antigua de Nuevo León es el yeso de la formación Minas Viejas. Esta unidad fue descrita por primera vez por Wall *et al.* (1961) como una unidad informal para incluir los estratos yesíferos subyacentes de las formaciones La Gloria y Zuloaga en el anticlinal de Minas Viejas (Potrero Grande) a unos 30 km al norte de Monterrey (Longoria, 1998).

El Yeso Minas Viejas es un equivalente lateral de las formaciones Zuloaga y La Gloria. Se creó que el yeso ha sido depositado en un ambiente semirestringido. Mientras que la relación estratigráfica de la Formación Minas Viejas con otras unidades evaporíticas en el norte de México tal como el yeso de la Formación Olvido y los cuerpos de halita y anhídrita encontradas en el estado Tamaulipas y en el este de México siguen sin estar claros (Heim, 1940).

**Formación La Gloria** (Imlay, 1936): La Formación La Gloria fue descrita originalmente en el Cañón El Mimbres de la Sierra de Parras, Coahuila. Este autor describe esta formación compuesta de 80% de caliza y 20% arenisca calcárea. Además, ese autor describió esta formación en 1936 en el Cañón Taraises, situado a unos 100 km al oeste de Cañón de La Casita, contiene 20% de caliza y 80% arenisca calcárea (Longoria, 1998).

En Nuevo León el paquete lítico conocido como La Gloria es predominantemente una unidad clástica, formada por conglomerado, de estratos medianos y arenisca arcósica de estratos gruesos, paralelos y continuos. Tiene escasos horizontes de caliza, principalmente packstone, en La Cañón de la Huasteca la parte superior de la unidad contiene una alternancia de areniscas calcáreas de color marrón y piedra caliza arenosa gradual respecto a la suprayacente Formación La Casita (Longoria, 1998).

La caliza y arenisca tienen un color gris claro y marrón dorado en la superficie intemperizada. La formación se compone predominantemente de lutita relativamente fosilífera y arenisca con ooides, aunque también contiene wackestone bioclástica, floatstone y packstone litoclástico (Longoria, 1998).

El análisis de secciones delgadas de la Formación la Gloria revela la existencia de granos esqueléticos incluyendo gasterópodos, briozoos, equinodermos, fragmentos de moluscos, foraminíferos bentónicos, ostrácodos, intraclastos, pellets, y ooides. Los fragmentos de algas pertenecen a la familia Dasycladacea. Los microfósiles observados carecen de importancia cronoestratigráfica (Longoria, 1998).

Imlay asignó la Formación la Gloria de la Sierra de Parras al Oxfordiense basado en el gasterópodo *Nerinea* sp., descrito por Burckhardt (1930) cerca de Mazapil, Zacatecas. Imlay también describió *Nerinea* sp., en el Cañón de La Casita y sus alrededores, sin embargo, *Nerinea* es característico de facies de aguas poco profundas entre los arrecifes de coral en el Jurásico y Cretácico; por lo tanto, la única presencia de *Nerinea* sp., en calizas de La Gloria no restringe la posición cronoestratigráfica de esta formación a sólo el Oxfordiense. Por otro lado, amonitas como *Glochiceras* sp., son indicativos del Kimmeridiense y Titoniense temprano, los cuales se han registrado en la formación suprayacente (Longoria, 1998).

Además, Imlay (1980) afirmó que, en otras zonas del norte de México, La Gloria se superpone en discordancia a las "capas rojas" del Calloviense principios del Oxfordiense, por lo que es probable que la formación La Gloria se pueda asignar al Oxfordiano medio y tardío (Longoria, 1998).

**Caliza Zuloaga** (Imlay, 1938): La localidad tipo de la Caliza Zuloaga se encuentra en la Sierra Sombrerito al norte de Melchor Ocampo, estado de Zacatecas. Esta unidad se caracteriza por el espesor grueso de caliza color marrón oscuro, estratos masivos y por carecer de lutitas. La abundancia de packstone - grainstone y wackestone en la Caliza Zuloaga es el resultado de la deposición en un banco de arena calcárea off-shore. La formación Novillo descrito por Heim (1940) de la barranca de Novillo, al oeste de Victoria, Tamaulipas es un equivalente menor de la Caliza Zuloaga (Longoria, 1998).

En los anticlinales erosionados de Nuevo León (Potrero Chico, Potrero Grande), la Caliza Zuloaga forma el núcleo de las estructuras y constituye peñascos aislados. La Zuloaga es habitualmente atribuida al Oxfordiense en base a las relaciones laterales con la suprayacente Formación La Gloria y la subyacente Formación La Casita. La Caliza Zuloaga representa uno de los mejores indicadores paleo-ambientales para reconstruir la paleogeografía del Jurásico en el noreste de México, ya que indica cinturones deposicionales lineales, que se desarrollaron en paralelo a la paleo-costa (Longoria, 1984c).

**Formación La Casita** (Imlay, 1936): La Formación La Casita fue definida por Imlay (1936) en el cañón de La Casita en Sierra de Parras. La Casita se identifica fácilmente en el campo, ya que consiste en una alternancia irregular de una caliza arcillo-carbonosa altamente bituminosa, arenisca calcárea, pizarra y conglomerado (Longoria, 1998).

En Nuevo León, La Casita está ampliamente expuesta en varias localidades de las Sierras Tamaulipecas, así como en el frente y parte posterior de la Cordillera. La parte inferior de La Casita comúnmente contiene abundantes amonites representativos del Kimmeridgiense; su parte superior a menudo contiene abundantes radiolarios del Titoniense, calpionélidos y foraminíferos bentónicos calcáreos (Longoria, 1998).

Imlay (1937, 1939 y 1980), basado en un conjunto de amonites, belemnites, braquiópodos, pelecípodos y gasterópodos incluye la Formación La Casita al Titoniense Inferior al Kimmeridgiense. De acuerdo con Imlay (1937) la parte superior de la formación en el área del Cañón de La Casita contiene un conjunto de amonitas que consiste en *Aspidoceras* (Zittel), *Aulacosphinctoides* (Spath), *Glochiceras* (Hyatt), *Torquatisphinctes* (Zittel), *Subplanites* (Spath) y *Subdichotomocera* (Spath) y que son indicativos del Kimmeridgiense y Titoniense Inferior. A partir de un estudio realizado en la sierra de Los Muertos, junto a el cañón de La Huasteca en estado de Nuevo León, Humphrey (1949) reporta los géneros de amonitas: *Kossmatia* Uhlig (Titoniense Superior) en las calizas superiores y *Virgatosphillctes* Uhlig (Titoniense Inferior) por debajo de los que contienen estratos de *Kossmatia* (Longoria, 1998).

En resumen, a partir de las dos agrupaciones de macrofósiles reportados por Imlay (1937, 1939 y 1980) y Humphrey (1949), La Formación La Casita representa un lapso de tiempo comprendido del Titoniense Inferior al Kimmeridgiense (Longoria, 1998).

**Formación La Caja** (Imlay, 1938): La Formación La Caja es predominantemente terrígena, sin embargo, consiste en una alternancia homogénea de lutitas calcáreas y calizas arcillosas que llevan abundantes nódulos fosfatados. Los afloramientos de la formación La Caja se reconocen fácilmente desde la distancia debido a su meteorización polvorienta y bronceada de color marrón claro. Los afloramientos de La Caja pueden distinguir fácilmente de la Formación La Casita por carecer de lutitas negras y caliza bituminosa. La Caja contiene abundantes amonites del Titoniano Inferior (Longoria, 1998).

**Caliza Taraises** (Imlay, 1936): La Formación Taraises fue definida por Imlay (1936) en el Cañón Taraises; situado a unos 20 km al oeste de Parras, Coahuila. La caliza Taraises se caracteriza por tener estratos delgados, estratificación ondulada uniforme, caliza color gris oscuro a negro (mudstone y wackestone). Intemperizan en color gris claro a oscuro. El espesor de esta unidad varía desde 75 hasta 147 metros. Este espesor es comparable con el espesor de 143 metros medidos en la sección tipo de esta unidad (Longoria, 1998).

Imlay (1937, 1938, 1939, 1980) reportó la presencia de varios géneros de amonites: *Olcostephallus* Neumayer (Valanginiense Superior), *Kilianella* Uhlig (Berriasiense-Valanginiense Superior), *Bochianites* Lory (Hauteriviense), *Acallthodiscus* Uhlig (Hauteriviense Superior) *Neocomites* Uhlig (Berriasiense - Valanginiense), *Thurmanniceras* Cossmann (Berriasiense – Valanginiense Inferior (= Thurmannites Kilian y Reboul)), y *Distolocaas* Hyatt (Valanginiense Superior – Hauteriviense Inferior). Imlay (1937) reportó que *Olcostephanus* se encontró en los estratos inferiores, por lo que la Formación La Casita no es más vieja que el Valanginiense. La Formación Taraises lleva abundantes calpionélidos que lo refieren al Berriasiense – Valanginiense (Longoria, 1998).

En resumen, basado en el conjunto de amonites Imlay (1936, 1937, 1938, 1980) y Humphrey (1949), es probable que la Formación Taraises representa el Berriasiense a Hauteriviense Inferior (Biozona K-1 a la mitad de K-4), en el esquema biocronológico de Longoria (1984a y 1984b).

**Caliza Cupido** (Imlay, 1937): En Nuevo León la sucesión de la Caliza Cupido se caracteriza como un paquete homogéneo de estratos medianos a gruesos, color gris en superficie fresca de estratificación continua, paralela. Esta unidad contiene a menudo localmente abundantes rudistas. Generalmente la Caliza Cupido forma acantilados en las Sierras Tamaulipecas y forma el borde de los anticlinales Potrero Chico, Potrero García, y Potrero Grande (Longoria, 1998).

Como se ha documentado recientemente por Longoria (1998) el concepto de Cupido utilizado por Imlay desde su localidad tipo en la Sierra de Parras, Coahuila puede ser diferente las calizas expuestas fuera del área tipo. Sin embargo, la Caliza Cupido en Nuevo León se limita a una sucesión de aguas poco profundas que representa la deposición en una amplia rampa carbonatada, mostrando una variedad de facies que van desde supramarea a lagunar. Estos representan una típica sucesión progradante a gran escala.

**Caliza San Ángel** (Longoria & Dávila, 1979): La Caliza San Ángel consiste en una secuencia monótona de caliza de espesor grueso con estratos masivos, varían en color de gris oscuro a negro, muestra estratificación continua uniforme y paralela. Puede llegar a contener Nódulos de sílex en color negro en la base y estilolitos. El estratotipo de esta

unidad es de la barranca La Boca, en el anticlinal La Silla. El estratotipo de la Caliza San Ángel se subdivide en cinco partes, de abajo a arriba:

a) Aproximadamente 52 m de la piedra caliza color negro de estratos gruesos, los estratos individuales pueden variar de 30 a 50 cm de espesor, con abundantes nódulos de sílex negro;

b) 371 metros de estratos masivos de caliza, individualmente las capas miden alrededor de 2 m de espesor, con abundantes estilolitos y moldes de belemnites;

c) 135 metros de piedra caliza con estratos masivos; individualmente las capas varían de 2 a 2.5 m, y exhiben una estratificación ondulada y continua;

d) 39 metros de estratos de caliza masiva, individualmente estratos de unos 2,5 m de espesor, con abundantes estilolitos.

Muy a menudo la Caliza San Ángel se confunde con la Caliza Tamaulipas, de la que se distingue por tener caliza arcillosa de color negro con nódulos de pedernal restringidos a su parte inferior (Longoria, 1998).

**Formación La Peña** (Imlay, 1936): Esta unidad fue descrita originalmente por Imlay (1936) en la Sierra de Parras, Coahuila. Sugirió el término Formación La Peña para hacer referencia a una secuencia de caliza y pizarra entre la " Caliza Aurora" (arriba) y la Formación Parritas (abajo). Él (Imlay, 1936, p. 1119), designó el flanco norte de la Sierra de Taraises cerca de Hacienda La Peña como la localidad tipo de esta unidad. Imlay divide la Peña en dos partes, una parte inferior compuesta por caliza con estratos medianos, con algunas intercalaciones de lutitas, y la parte superior compuesta por la alternancia de calizas y lutitas de capas delgadas (Longoria, 1998).

A finales de 1949, Humphrey en sus estudios sobre el anticlinal de Los Muertos, entre Monterrey y Saltillo, restringió La Peña para incluir sólo la parte superior compuesta por la alternancia caliza y pizarra de capas delgadas. Este concepto actualizado de La Peña ha sido aceptado por la mayoría de los Investigadores (Longoria, 1998).

En Nuevo León, la formación La Peña es un marcador paleogeográfico importante y por lo general contiene tres miembros, de abajo hacia arriba son:

- a) Miembro Arcilla La Boca;
- b) Miembro Caliza La Presa;
- c) Miembro Caliza La Silla.

El estratotipo para esta triple división es la sección expuesta a lo largo de la sección de la Barranca La Boca. La triple división de La Peña está muy bien desarrollada en todos los afloramientos de esta unidad en las sierras Tamaulipecas como la Sierra de Sabinas Lampazos, Sierra de Bustamante, y la Sierra de Picachos (Longoria, 1998).

Alguna variación del La Peña en el estado de Nuevo León incluye un espesor: 62 metros en la Sierra de Picachos, 210 metros en la Sierra de Sabinas-Lampazos, mientras que su posición cronoestratigráfica abarca Aptiense Inferior al Albiense Inferior (Longoria 1998).

**Caliza Tamaulipas** (Muir, 1936): La compleja historia de nomenclatura de la Caliza Tamaulipas fue resumido por Longoria (1975). En su localidad tipo en la sierra de Tamaulipas, la unidad consiste en una sucesión homogénea y monótona de estratos medianos de caliza color gris con abundantes capas de sílex negro. Muir (1936) reconoció una división informal de la Caliza Tamaulipas en inferior, media y superior. Algunos investigadores han utilizado incorrectamente este para referirse a la sucesión Tamaulipas inferior, media, superior, que viola las estipulaciones del Código Estratigráfica de América del Norte (Longoria, 1998).

Por esa razón, Longoria (1975) introdujo los términos Miembro Caliza La Borrega; Miembro Caliza Otates y Miembro Caliza Nacimiento. Los cuales se refieren a la triple división de la Caliza Tamaulipas y se deben usar cuando están presentes (Longoria, 1998).

La triple división de la Caliza Tamaulipas no se reconoce en el estado de Nuevo León debido al cambio de facies desde la Sierra de Tamaulipas hasta Nuevo León. La Caliza Tamaulipas es rico en foraminíferos plantónicos incluyendo favusellidos y hedbergellidos (Longoria, 1998).

**Formación Cuesta del Cura** (Imlay, 1936): Esta unidad fue definida por Imlay (1936) desde Cuesta del Cura localizado a unos 7 km al oeste de Parras, Coahuila. Se compone de una alternancia irregular de estratos delgados de caliza color gris oscuro (wackestone), con lentes alargadas o bandas de pedernal negro, ondulado, mostrando estratificación continua. La caliza y la lutita presentan un color gris claro en superficie fresca y gris claro a marrón en superficie intemperizada. En su localidad tipo y también en algunas localidades de Tamaulipas, por ejemplo, en el Cañón de Peregrina, la Formación Cuesta del Cura desarrolla de 5 a 15 m de estratos de enorme espesor. Estos estratos no se han observado en los afloramientos del estado de Nuevo León (Longoria, 1998).

En Nuevo León la Formación Cuesta del Cura alcanza un grosor máximo de unos 70 metros y contiene abundantes radiolarios plantónicos (hedbergellidos, y thalmaninellidos), y calciesferas. Su posición cronoestratigráfica varía del Albiense superior al Cenomaniense Superior y Turoniense Inferior (Longoria, 1998).

**Formación Indidura** (Kelly, 1936): La Formación Indidura fue descrita por Kelly (1936) en la sierra de Santa Ana, situada a unos 20 km al suroeste de Las Delicias, Coahuila. La mayor parte de esta unidad está compuesta por una alternancia de estratos delgados de lutita color gris con pizarra de estratos finos color gris intercalados con calizas arcillosas de color gris (mudstone y wackestone). En el contacto inferior es de 17 metros (56 pies) de una alternancia irregular de estratos delgados de color gris oscuro a negro de caliza con lutitas de color marrón en estratos delgados. Cerca del contacto superior es un horizonte de 13 metros (43 pies) de una alternancia irregular de estratos delgados de sílex de color marrón-gris con estratos muy delgados de pizarra color marrón (Longoria, 1998).

Esta formación contiene abundantes microfósiles pelágicos incluyendo calciesferas, radiolarios, foraminíferos planctónicos y crinoideos pelágicas. Los microfósiles se disponen en capas sugestivos de deposición por corrientes de turbidez (Longoria, 1998).

**Formación Agua Nueva** (Muir, 1936): La Formación Agua Nueva se caracteriza por su estratificación rítmica delgada y consistente de estratos delgados de calizas y margas arcillosas con estratificación continua y paralela. Contiene delgadas capas de bentonita. Localmente los estratos de caliza son ricos en materia orgánica, dándoles una coloración negro en superficies frescas. Esta unidad intemperiza en un color marrón a amarillento y forma los valles sinclinales y pendientes (Longoria, 1998).

En Nuevo León la Formación Agua Nueva representa un importante cambio litológico que interrumpe la predominante sedimentación carbonatada, la cual se sustituye por facies del flysch pelítico. La Formación Agua Nueva contiene abundantes radiolarios, foraminíferos plantónicos y calciesferas. Su posición cronoestratigráfica varía de Albiense Superior al Coniaciense Inferior (Longoria, 1998).

**Formación San Felipe** (Muir, 1936): La Formación San Felipe se caracteriza por una alternancia irregular de caliza y lutitas, estratificación continua y paralela, estratos gruesos predominantemente; los colores van de marrón a negro en superficies frescas y amarillentas a marrón en superficies erosionadas. Los estratos individuales varían desde 40 cm a 1,6 m. las calizas de la Formación San Felipe son biomicritas arcillosas ricas en foraminíferos plantónicos. Su posición cronoestratigráfica varía del Santoniano Inferior al Campaniano Superior.

El límite Inferior con la Formación Agua Nueva se coloca en el punto donde los estratos delgados cambian a gruesos. Es notorio el cambio de la Formación Agua Nueva a alteraciones irregulares de estratos gruesos de la Formación San Felipe. También la Formación San Felipe carece de capas de bentonita y es rico en colophone.

**Lutita Méndez** (Jeffrey, 1910): La Lutita Méndez se caracteriza por mudstone calcáreo rojizo a amarillento, presenta fractura concoide. En Nuevo León la mayoría de los afloramientos que se refieren a la Lutita Méndez no pertenecen a esta unidad, pero probablemente pertenecen a la Formación El Cercado. Es raro encontrar la Lutita Méndez fuera de la Cuenca Tampico-Misantla. La Lutita Méndez contiene abundantes foraminíferos plantónicos y su posición cronoestratigráfica varía del Campaniense Inferior al Maastrichtiense Superior.

**Formación El Cercado** (Longoria & Dávila, 1979): Esta unidad fue descrita en El Cercado, Nuevo León y consiste en una alternancia irregular de estratos delgados a masivos de caliza arcillosa, caliza arenosa, y arenisca calcárea que alternan con margas y lutitas arenosas. Localmente las calizas y lutitas son ricos en materia orgánica, dándoles una coloración en negro.

La Formación El Cercado puede alcanzar un espesor de más de 850 m. En general esta unidad es pobre en microfósiles; los foraminíferos plantónicos son comúnmente raros. Su posición cronoestratigráfica va desde Maastrichtiense Inferior al Daniense.

## **2.2 Régimen tectónico y geología estructural de la cordillera nuevoleonesa.**

La Cordillera Mexicana es el rasgo fisiográfico más importante de la República Mexicana, con una orientación general NW-SE, desde la frontera sur de México hasta la frontera norte con los EEUU, atravesando todo el territorio nacional. Se han publicado un buen número de estudios tectónicos sobre el noreste de México; los más recientes presentan interpretaciones diferentes en cuanto al mecanismo de la deformación tectónica. Por un lado, Longoria (1985, 1994) considera un modelo tectónico en base al cual el cinturón plegado de la “Sierra Madre Oriental” es el resultado de un régimen tectónico transpresivo. Mientras que, por el otro, Eguiluz, Aranda & Randall, (2000) erróneamente proponen el modelo de “cuña crítica” para explicar los diferentes estilos de deformación y geometrías dentro de esta cadena plegada.

De acuerdo con el modelo de Longoria (1985, 1994) el régimen tectónico transpresivo se caracteriza por: a) plegamiento tipo hongo o caja, b) sierras anticlinales kilométricas, “en echelon”, mostrando torsión a lo largo de sus trenes axiales, y c) cabalgamiento local con vergencias opuestas asociada a fallas de deslizamiento lateral (Longoria, 1985; Longoria, 1998). De acuerdo con las observaciones del mismo autor, la consecuencia directa del régimen tectónico transpresivo en México fue la generación de múltiples conjuntos de fallas de desplazamiento lateral izquierdas (fallas de rumbo) en el basamento, las cuales forman un sistema de fallas 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 de todo el sistema de desplazamiento lateral. Además, Longoria (op. cit.) explica que ese comportamiento independiente de las componentes de los conjuntos de fallas explica la rotación levógira de 'bloques' en México, postulada por Urrutia-Fucugauchi (1981).

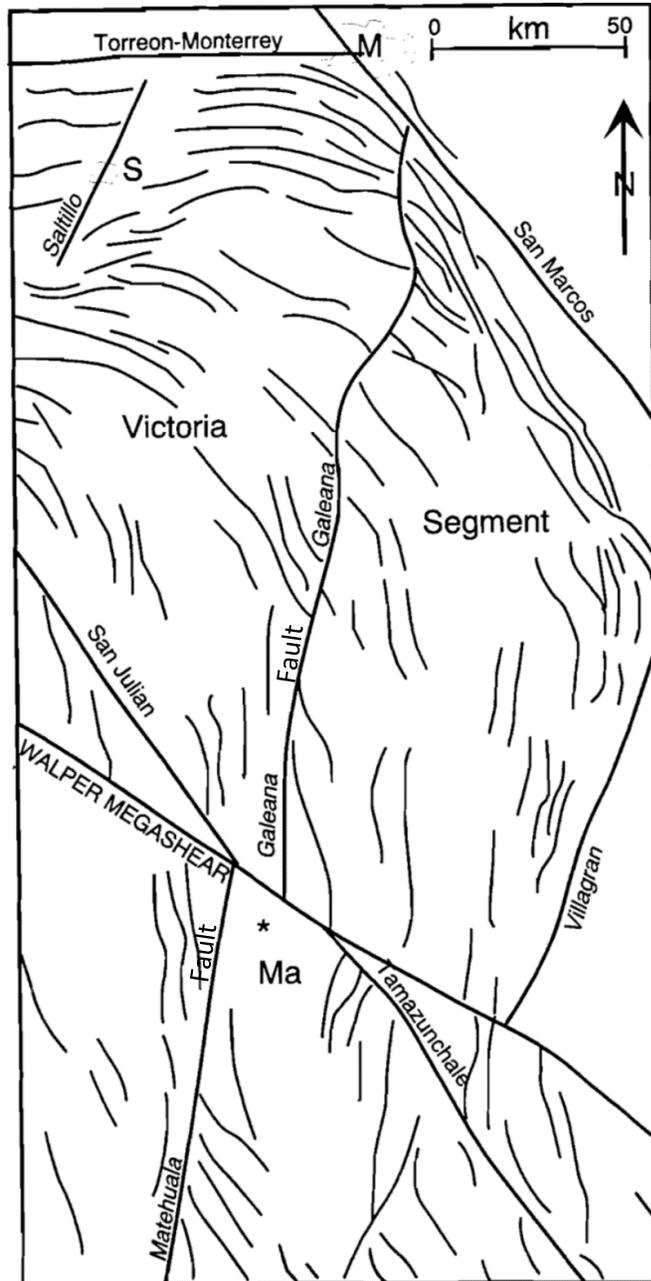
La Cordillera Mexicana se divide en cuatro segmentos, los cuales son de sur a norte: Sierra Madre del Sur, Segmento Juárez, Segmento Huayacocotla y el Segmento Victoria. (Longoria 1994). El área estudiada cae dentro del segmento Victoria de esta cordillera, específicamente en la porción de la Cordillera Nuevoleonesa o también llamado Oroclinal de Monterrey.

Este conjunto de sierras tienen una orientación característica, NNW desde Ciudad Victoria en Tamaulipas, hacia el norte, pero en la parte sur-central de Monterrey, cambia abruptamente de dirección hacia el oeste, formando así la curvatura de Nuevo León. Dentro de este elemento se presentan rocas principalmente sedimentarias mesozoicas (Jurásico Superior - Cretácico Superior) deformadas, formando extensos anticlinales kilométricos con vergencias opuestas y torsiones, así como extensos sinclinales que forman los valles angostos. Longoria (1985) afirma que los movimientos tectónicos dentro de esta región de México están ligados a deformación en un régimen transpresivo que involucra al basamento, inclusive reporta pliegues de caja y vergencias opuestas de fallas de cabalgadura como resultado de este régimen.

El concepto de regímenes tectónicos transpresivos y transtensivos ha llevado a una mejor comprensión de la geodinámica de los cinturones móviles con la consiguiente proliferación de modelos tectónicos. Principalmente se ha aplicado al estudio de sistemas de fallas individuales, como la Falla de San Andrés en California (Dickinson, 1971) (Aydin & Page, 1984) y el sistema de la falla Alpina en Nueva Zelanda (Bishop, 1968) (Kigma, 1974).

La consecuencia directa del régimen transpresivo en México fue la generación de varios conjuntos de fallas de desplazamiento (fallas transcurrentes) este sistema de fallas delimita provincias morfotectónicas ("microplacas"). El estilo estructural en cada

microplaca es básicamente transpresivo pero cada uno muestra un contraste estructural característico relacionado con la definición independiente de dominios de fallas individuales dentro de todo el sistema de transcurrencia (Longoria, 1998) (Figura 6).



**Figura 6.-** Interpretación morfotectónica mostrando las fallas identificadas en la región: Torreón, Monterrey, Saltillo, San Marcos, Galeana, San Julián, Villagrán, Temazunchale, y Matehuala (tomado de Longoria, 1991).

## **CAPÍTULO III. LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO ESTRUCTURAL**

El presente levantamiento estratigráfico-estructural se llevó a cabo por medio de 8 secciones o perfiles de campo sobre la parte central del flanco sur de la Sierra La Laguna. En la Figura 7 se muestra la localización de las secciones de campo. Cada sección tiene su correspondiente clave alfanumérica o numérica de identificación de muestra, estas son:

Sección 1.- estaciones nombradas con secuencia alfanumérica: A1, A1, A3... muestras nombradas con secuencia alfanumérica: M1001, M1002, M1003...

Sección 2.- estaciones nombradas con secuencia numérica 1, 2, 3... (incluye radiales nombradas con secuencia alfanumérica R1, R2, R3...) muestras nombradas con secuencia alfanumérica: M001, M002, M003...

Sección 3.- estaciones nombradas con secuencia alfanumérica: C1, C2, C3... muestras nombradas con secuencia alfanumérica M004, M005, M006... (continuación de la secuencia de muestreo del levantamiento 2).

Sección 4.- estaciones nombradas con secuencia alfanumérica: B1, B2, B3... muestras nombradas con secuencia alfanumérica M007, M008, M009 (continuación de secuencia del levantamiento 2 y 3).

Sección 5.- estaciones nombradas con secuencia alfanumérica: E1, E2, E3... (incluye radiales nombradas con secuencia alfanumérica ER1, ER2, ER3...) muestras nombradas con secuencia alfanumérica M01, M02, M03...

Sección 6.- estaciones nombradas con secuencia alfanumérica: P1, P2, P3... muestras nombradas con secuencia numérica, 1, 2, 3...

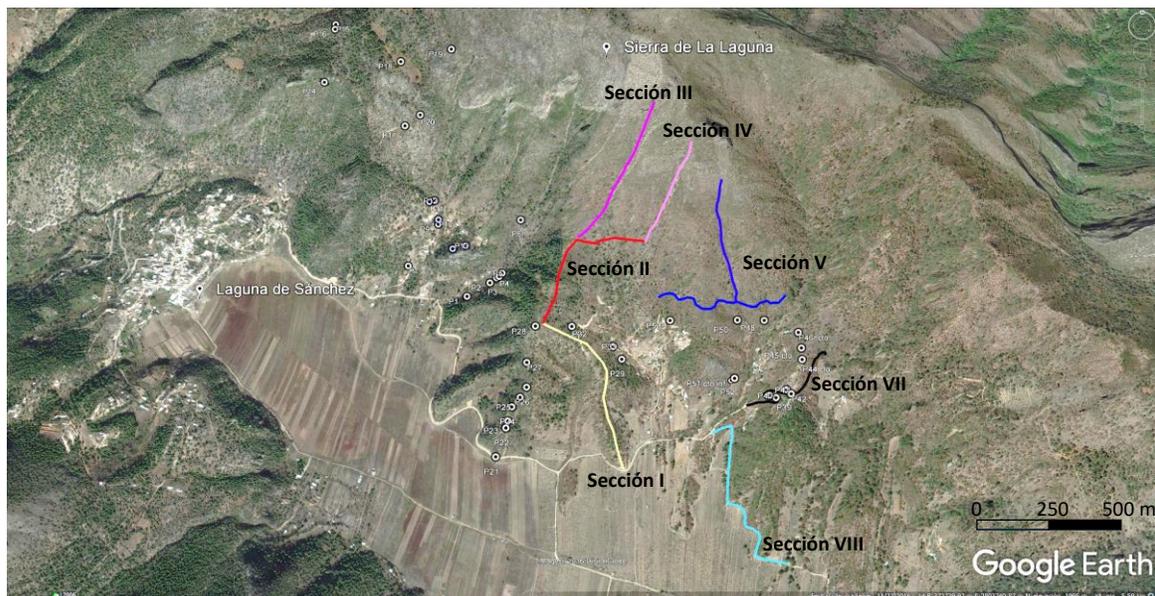
Sección 7.- (sección Gustavo), estaciones nombradas con secuencia numérica: 1, 2, 3... muestras nombradas con secuencia alfanumérica: CG1+0, CG2+1, CG3+2...

Sección 8.- estaciones nombradas con secuencia numérica D1, D2, D3... muestras nombradas con secuencia alfanumérica CT1+0, CT2+1, CT3+2...

El levantamiento de datos estructurales se llevó a cabo en estricto orden estratigráfico y con un control preciso de la dirección y distancia entre cada punto de

referencia (estaciones), ya que estos sirven como inventario para ilustrar las características físicas (espesor de estratos, tipo de estratificación) y la actitud de los estratos, así como también la naturaleza de los contactos entre las unidades representadas y es de gran ayuda para verificar los datos de campo y lo que es más importante, permitirá la reproductividad de los datos obtenidos en caso de que otros investigadores intenten realizar estudios futuros en esta misma región.

Las unidades expuestas a lo largo del flanco sur de la Sierra La Laguna, fueron estudiadas en base a las características físicas de los paquetes sedimentarios observados a lo largo de los levantamientos. Como puntos de referencia se dan las estaciones marcadas en los afloramientos y sus respectivos datos.



**Figura 7.-** Imagen Landsat (Google Earth), orientada W – E, mostrando la localización general de los secciones geológicas de campo enmarcadas con los siguientes colores: sección I.- línea amarilla; sección II.- línea roja; sección III.- línea morada; sección IV.- línea rosa; sección V.- línea azul rey; sección VI.- puntos blancos; sección VII.- línea negra y sección VIII.- línea azul cielo.

A continuación se describen las secciones de campo:

### 3.1 Sección geológica de campo I (Figura 7)

**Estación A0-A1**, distancia: 0-40.5 m, visual: N 011°

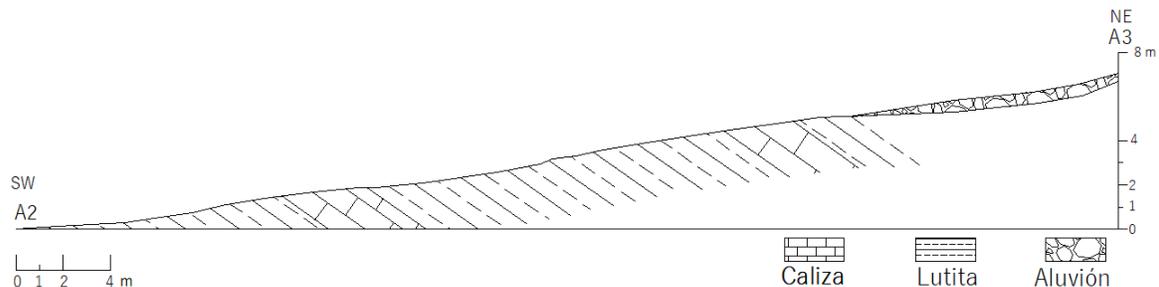
En el intervalo de 0 a 40.5 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 325°, NE 81°.

**Estación A1-A2**, distancia: 40.5-70.5 m, visual: N 07°

El intervalo de 40.5 a 70.5 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A2-A3**, distancia: 70.5-117.2 m, visual: N 02°

En el intervalo de 70.5 a 117.2 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 325°, 50° NE (Figura 8).



**Figura 8** .- Perfil local de campo SW-NE de la estación A2 hasta la estación A3, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 26.7 m, parcialmente cubierto.

**Estación** A3-A4, distancia: 117.2-157.2 m, visual: N 018°

En el intervalo de 117.2 a 157.2 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M-1001. La actitud general de los estratos es N 336°, NE 60.

**Estación** A4-A5, distancia: 157.2-168 m, visual: N 8°

El intervalo de 157.2 a 168 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación** A5-A6, distancia: 168-194.5 m, visual: N 020°

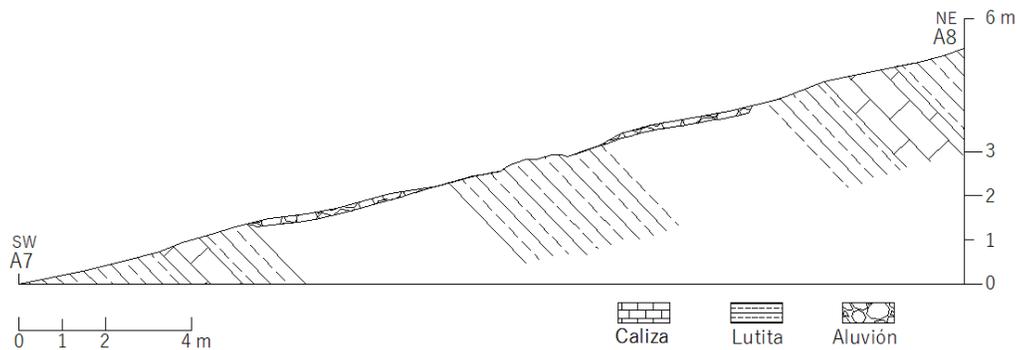
En el intervalo de 168 a 194.5 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M1002. La actitud general de los estratos es N 320°, NE 40°.

**Estación** A6-A7, distancia: 194.5-204.4 m, visual: N 050°

En el intervalo de 194.5 a 204.4 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M1003. La actitud general de los estratos es N 300°, NE 50°.

**Estación A7-A8**, distancia: 204.4-226.9 m, visual: N 357°

En el intervalo de 204.4 a 226.9 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 325°, 59° NE (Figura 9).



**Figura 9.-** Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación A7 hasta la estación A8, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 22.5 m, parcialmente cubierto.

**Estación A8-A9**, distancia: 226.9-243.9 m, visual: N 03°

En el intervalo de 226.9 a 243.9 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 350°, 40° NE.

**Estación A9,-A10** distancia: 243.9-276.3 m, visual: N 050°

En el intervalo de 243.9 a 276.3 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita

calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 335°, 35° NE.

**Estación A10-A11**, distancia: 276.3-299.3 m, visual: N 036°

El intervalo de 276.3 a 299.3 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A11-A12**, distancia: 299.3-323.2 m, visual: N 014°

El intervalo de 299.3 a 323.2 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A12-A13**, distancia: 323.2-240 m, visual: N 070°

El intervalo de 323.2 a 240 m está constituido por un intervalo.

**Estación A13-A14**, distancia: 240-381.6 m, visual: N 347°

El intervalo de 240 a 381.6 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A14-A15**, distancia: 381.6-429.4 m, visual: N 330°

El intervalo de 381.6 a 429.4 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A15-A16**, distancia: 429.4-478.4 m, visual: N 317°

El intervalo de 429.4 a 478.4 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A16-A17**, distancia: 478.4-505 m, visual: N 303°

El intervalo de 478.4 a 505 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A17-A18**, distancia: 505-532.6 m, visual: N 295°

El intervalo de 505 a 532.6 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A18-A19**, distancia: 532.6-561.5 m, visual: N 290°

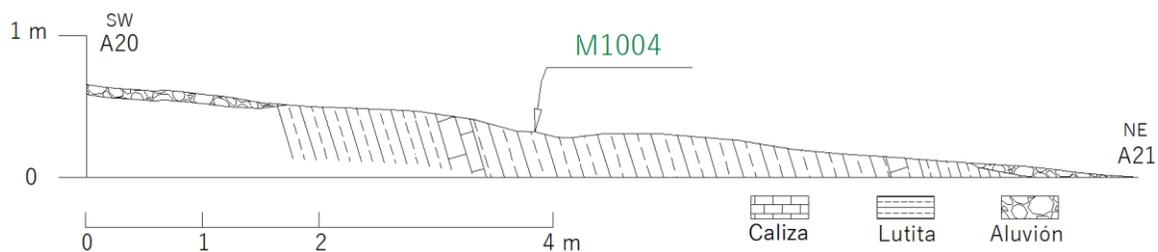
El intervalo de 532.6 a 561.5 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A19-A20**, distancia: 561.5-585 m, visual: N 318°

El intervalo de 561.5 a 585 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A20-A21**, distancia: 585-594.2 m, visual: N 018°

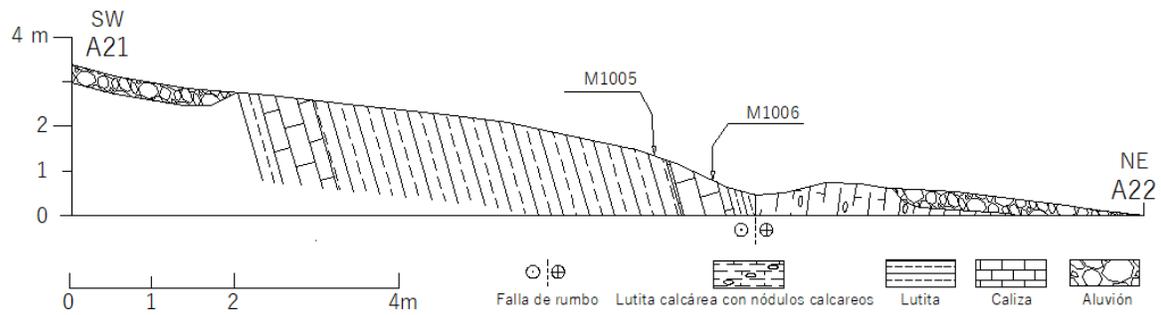
En el intervalo de 585 a 594.2 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M1004. La actitud general de los estratos es N 273°, 74° NE (Figura 10).



**Figura 10.-** Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación A20 hasta la estación A21. La longitud del afloramiento es de 9.2 m, parcialmente cubierto.

**Estación A21-A22**, distancia: 594.2-618.5 m, visual: N 014°

En el intervalo de 594.2 a 618.5 m aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada; en contacto por falla con un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. Las muestras colectadas en este sector son M1005 y M1006. La actitud general de los estratos es N 295°, 85° NE y N 285°, 75° NE (Figura 11).



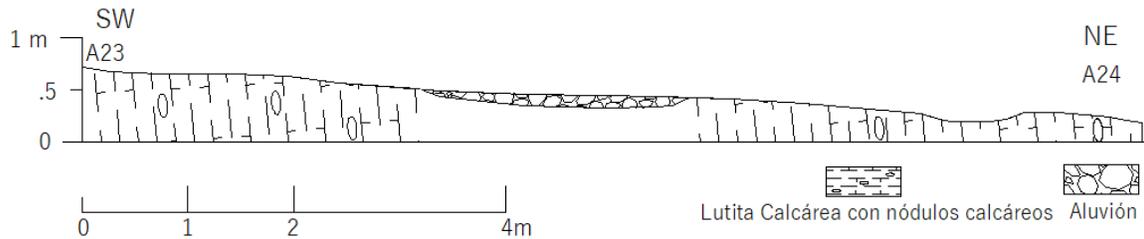
**Figura 11.-** Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación A2 hasta la estación A22. La longitud del afloramiento es de 24.1 m, parcialmente cubierto.

**Estación A22-A23,** distancia: 618.5-626.1 m, visual: N 345°

El intervalo de 618.5 a 626.1 m está constituido por un intervalo cubierto.

**Estación A23-A24,** distancia: 626.1-636.3 m, visual: N 016°

El intervalo de 626.1 a 636.3 m está constituido por un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 317°, 80° NE (Figura 12).



**Figura 12.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 23 hasta la estación 24. La longitud del afloramiento es de 10.2 m, parcialmente cubierto.

### 3.2 Sección geológica de campo II (figura 7)

**Estación 0-1**, distancia: 0-13 m, visual: N 019°

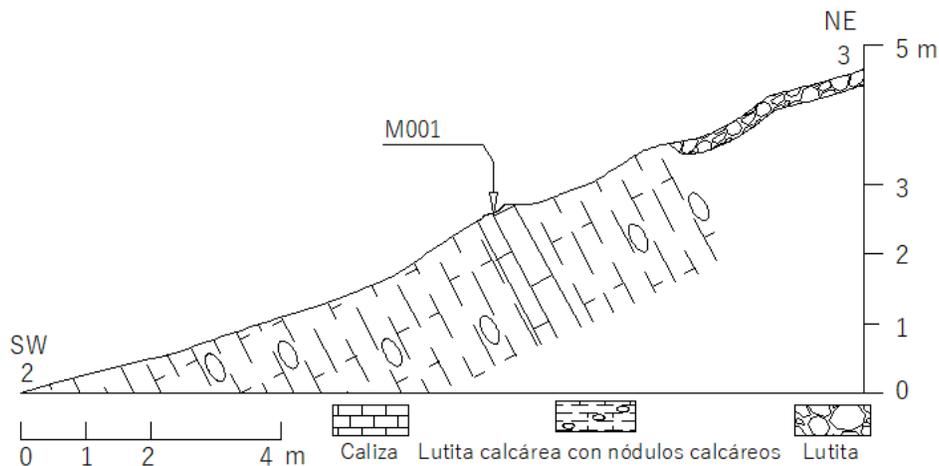
El intervalo de 0 a 13 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 1-2**, distancia: 13-28 m, visual: N 032°

El intervalo de 13 a 28 m está representado por un intervalo cubierto por vegetación, el suelo de color café claro.

**Estación 2-3**, distancia: 28-41 m, visual: N 034°

El afloramiento está constituido por un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. En el intervalo de 2+7 a 2+8 m aflora un horizonte homogéneo de caliza fuertemente fracturada, de estratificación dudosa, el color de la roca es gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M001. La actitud general de los estratos N 311°, 61° NE (Figura 13).



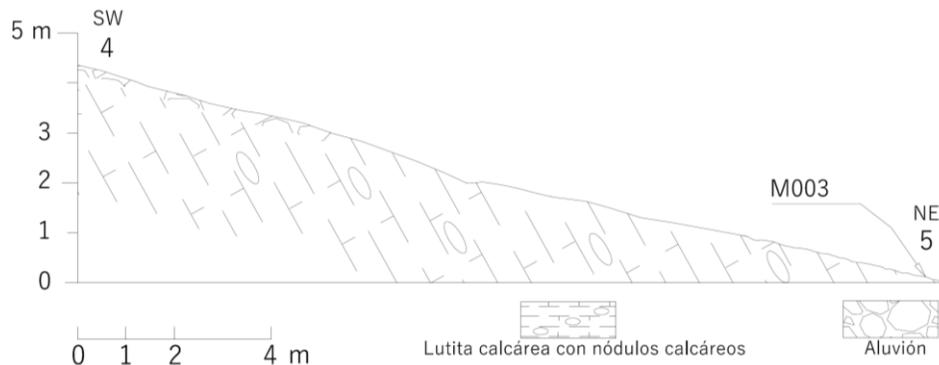
**Figura 13.-** Perfil local de campo SW-NE desde la estación 2 hasta la estación 3. La longitud del afloramiento es de 13 m, parcialmente cubierto.

**Estación 3-4**, distancia: 41-56 m. visual: N 025°

El Intervalo de 41 a 56 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 4-5**, distancia: 56 -74 m, visual: N 085°

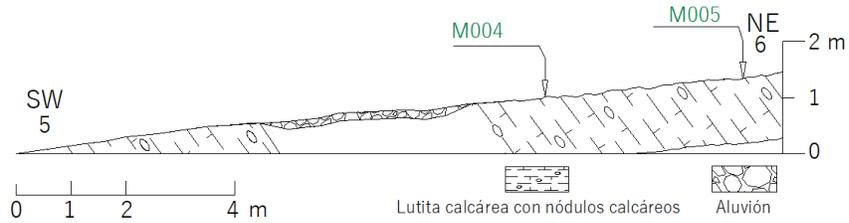
El afloramiento está constituido por un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M003. La actitud general de los estratos es N 300°, 57° NE (Figura 14).



**Figura 14.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 4 hasta la estación 5, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 18 m.

**Estación 5-6**, distancia: 74-88 m. visual: N 017°

En el intervalo de 83 a 88 m aflora un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. Las muestras colectadas son M004 y M005. La actitud general de los estratos N 280°, 56° NE (Figura 15).



**Figura 15.-** Perfil local de campo SW - NE de la estación 5 hasta la estación 6. La longitud del afloramiento es de 14 m.

**Estación 6-7,** distancia: 88-98 m, visual: N 320°

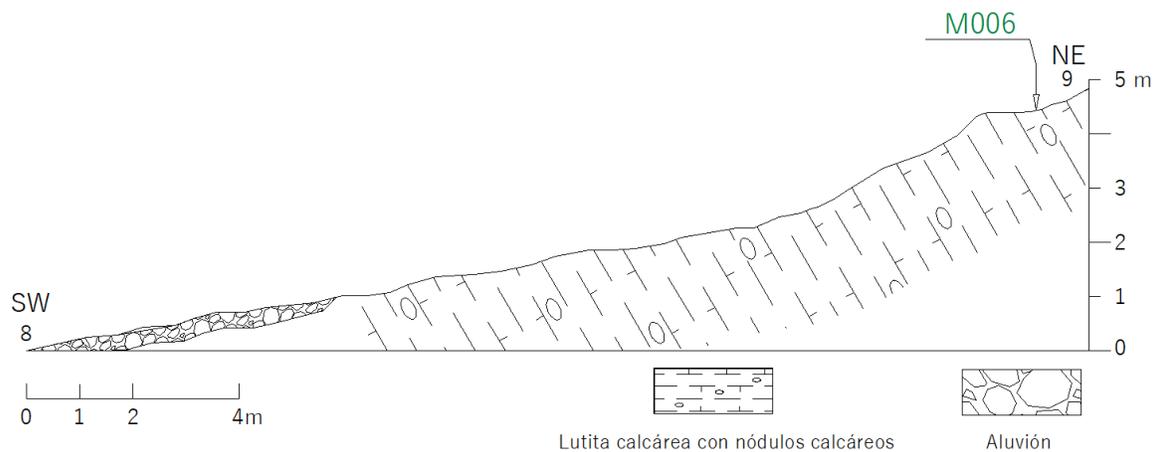
El intervalo de 88 a 98 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 7-8,** distancia: 98-108 m, visual: N 07°

El intervalo de 98 a 108 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 8-9,** distancia: 108-128 m, visual: N 040°

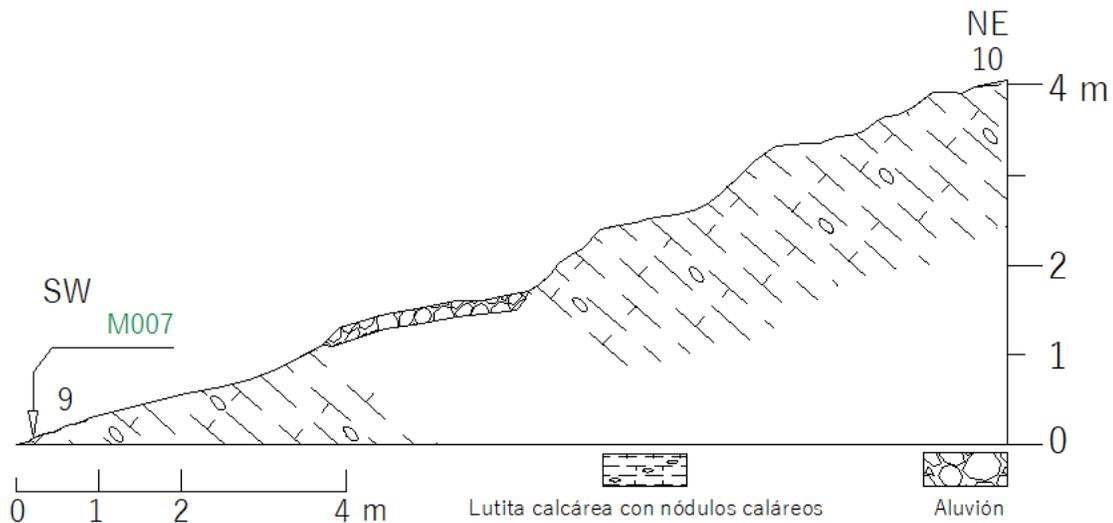
En el intervalo de 127 a 128 m aflora un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M006. La actitud general de los estratos es N 310°, 61° NE (Figura 16).



**Figura 16.-** Perfil local de campo SW - NE de la estación 8 hasta la estación 9. La longitud del afloramiento es de 20 m, parcialmente cubierto.

**Estación 9-10**, distancia: 128-140 m, visual: N 022°

En el intervalo de 128 a 140 m aflora un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M007. La actitud general de los estratos es N 310°, 40° NE (Figura 17).



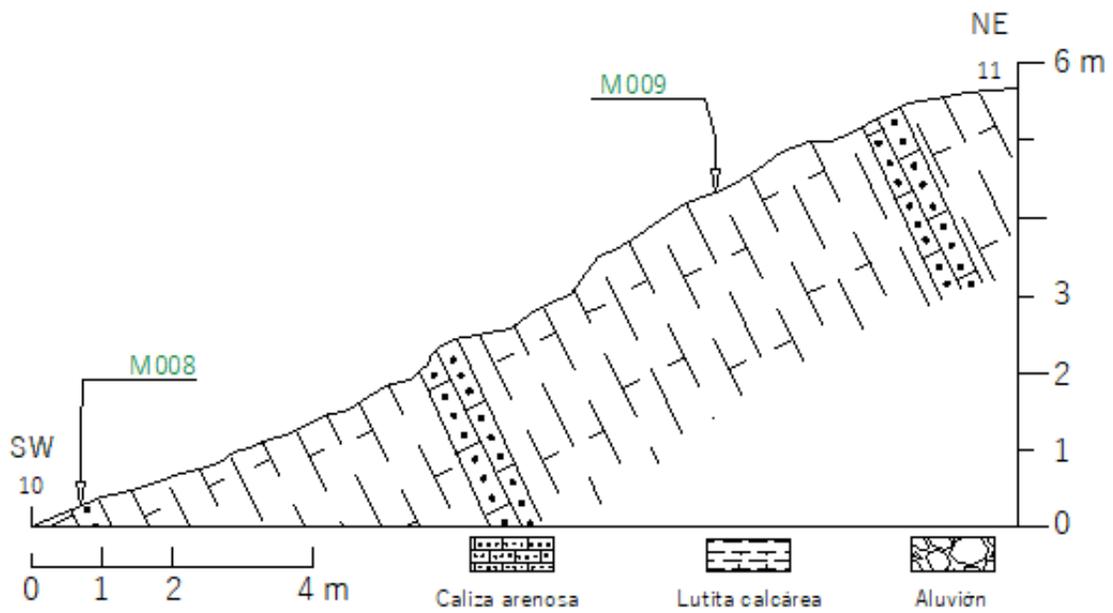
**Figura 17.-** Perfil local de campo SW-NE dibujado desde la estación 9 hasta la estación 10. La longitud del afloramiento es de 12 m.

**Estación 10-11**, distancia: 140-154 m, visual N 045°

En el intervalo de 140 a 154 m aflora un paquete heterogénea de lutita calcárea – caliza arenosa, el espesor de los estratos de lutita calcárea varía de entre 0.003 a 0.007 m, El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada; la estratificación es delgada paralela y continua. Por su parte la caliza arenosa tiene un espesor que va de 0.15 a 0.20 m, la litología es color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada, de estratificación mediana, paralela y continua. Las muestras colectadas en este sector son M008, M009 (Figura 18). La actitud general de los estratos es N 302°, 65° NE (Figura 19).



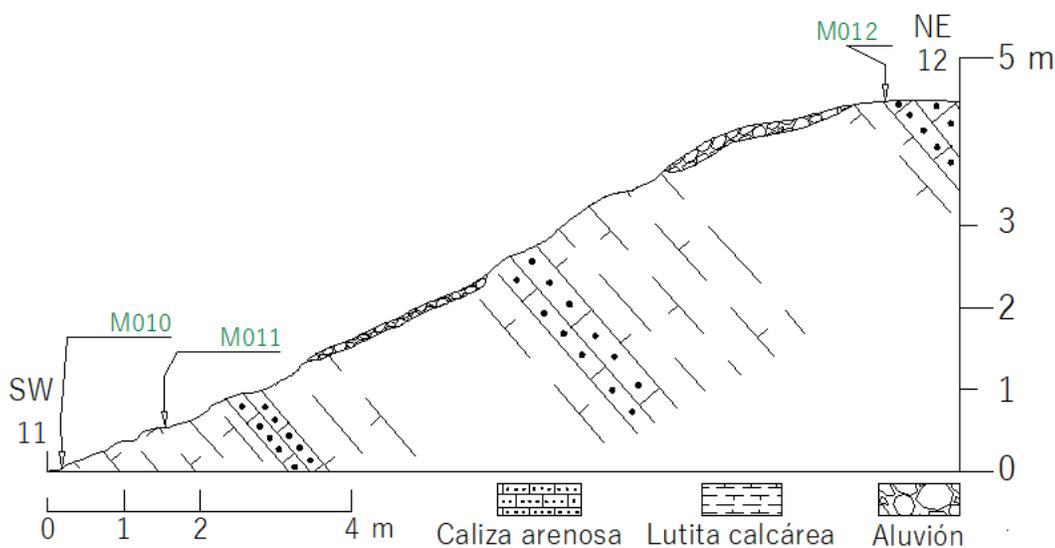
**Figura 18.-** Fotografía de campo de la Unidad III, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M008, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE



**Figura 19.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 10 hasta la estación 11. La longitud del afloramiento es de 14 m.

**Estación 11-12**, distancia: 154-166 m, visual: N 345°

En el intervalo de 154 a 166 m aflora un paquete heterogénea de lutita calcárea – caliza arenosa, el espesor de los estratos de lutita calcárea varía de entre 0.003 a 0.007 m, El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada; la estratificación es delgada paralela y continua. Por su parte la caliza arenosa tiene un espesor que va de 0.15 a 0.20 m, la litología es color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada, de estratificación mediana, paralela y continua. Las muestras colectadas en este sector son M010, M011 Y M012. La actitud general de los estratos es 274°NW, 65° NE (Figura 20).



**Figura 20.**- Perfil local de campo SW-NE expuesto desde la estación 11 hasta la estación 12. La longitud del afloramiento es de 12 m, parcialmente cubierto.

**Estación 12-13**, distancia: 166-186 m, visual: N 05°

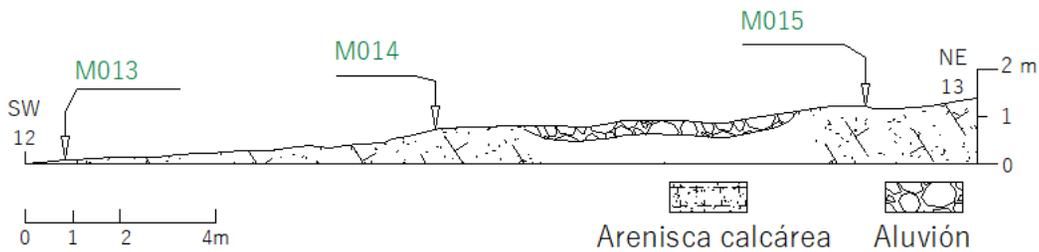
En el intervalo de 166 a 186 m aflora un paquete homogéneo de arenisca calcárea de grano fino, con estratificación mediana, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.1 a 0.3 m, el color de este paquete es amarillo ocre a rojizo en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca. Las muestras colectadas para este sector son M013, M014 y M015 (Figura 21 y 22). La actitud general de los estratos es N 279°, 57° NE (Figura 23).



**Figura 21.-** Fotografía de campo de la Unidad III, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M014, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.



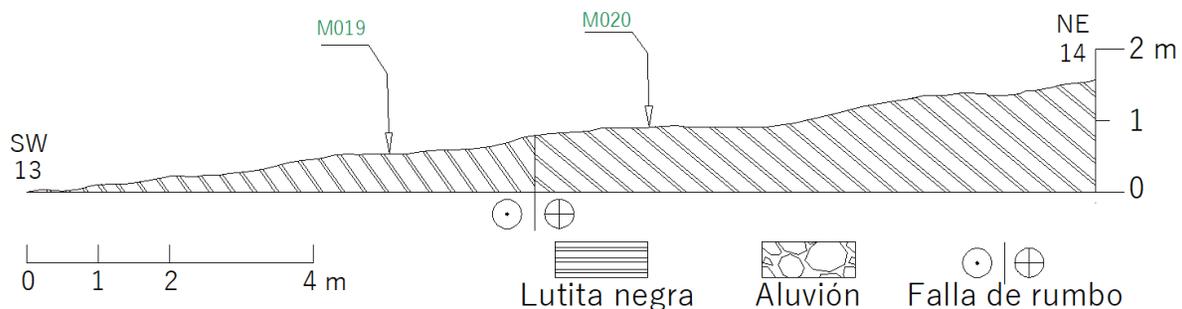
**Figura 22.-** Fotografía de campo de la Unidad III, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M015, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.



**Figura 23.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 12 hasta la estación 13. La longitud del afloramiento es de 20 m, parcialmente cubierto.

**Estación 13-14,** distancia: 186-201 m, visual: 15°NE

En el intervalo de 186 a 201 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que los estratos contienen laminaciones internas. En el punto 13+7m se observó una diferencia considerable en la actitud de los estratos, las cuales se interpreta como una falla de rumbo. Las muestras colectadas en este sector es M019 Y M020. La actitud de los estratos es de N 284°, 75° NE, N 272°, 55° NE y N 255°, 40° NW (Figura 24).



**Figura 24.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 13 hasta la estación 14. La longitud del afloramiento es de 15 m.

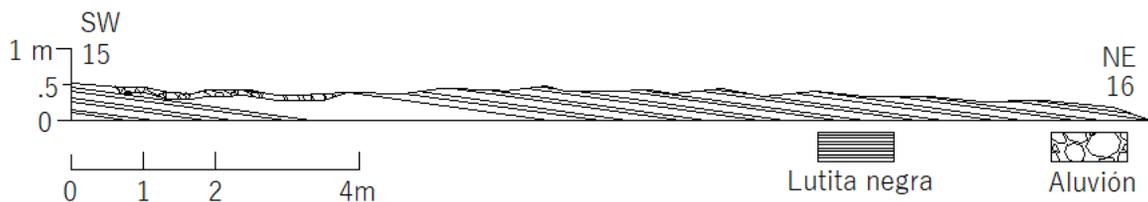
**Estación 14-15,** distancia: 201-213 m, visual: N 50°

En el intervalo de 201 a 213 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en

superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 271°, 60° NE.

**Estación 15-16**, distancia: 213-228 m, visual: N 80°

El intervalo de 213 a 215 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 272°, 42° NE (Figura 25).



**Figura 25.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 15 hasta la estación 16, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15 m, parcialmente cubierto.

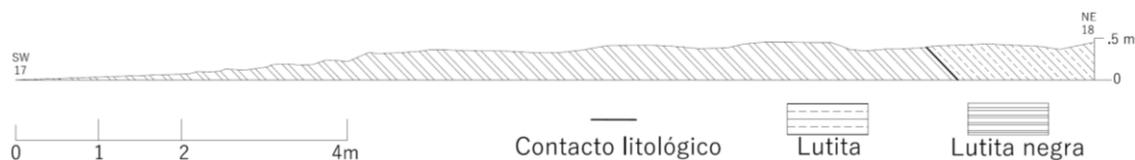
**Estación 16-17**, distancia: 228-238 m, visual: N 075°

En el intervalo de 228 a 238 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 281°, 68° NE.

**Estación 17-18**, distancia: 238-251 m, visual: N 071°

En el intervalo de 238 a 251 m paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. Esta unidad está en contacto transicional con un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y

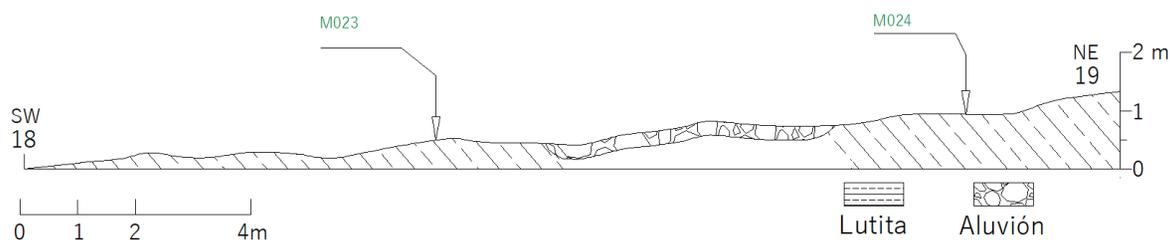
continua, o color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 282°, 67° NE (figura 26).



**Figura 26.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 17 hasta la estación 18, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 13 m.

**Estación 18-19,** distancia: 251-270 m, visual: N 075°

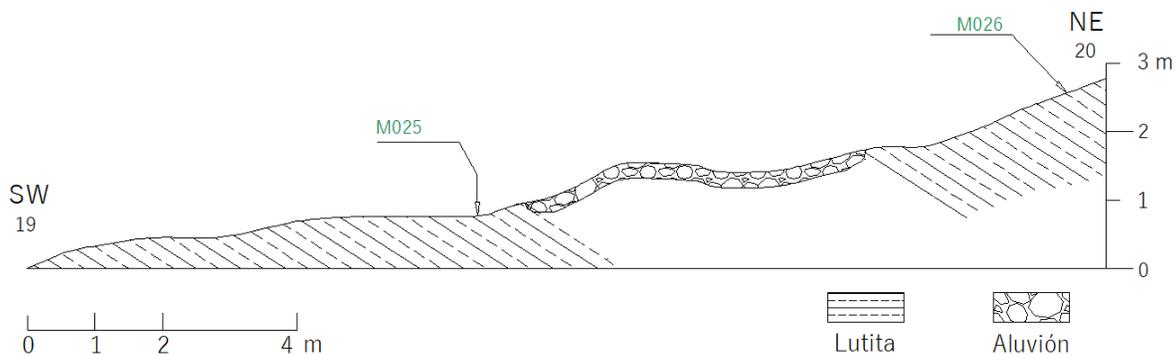
En el intervalo de 251 a 270 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. Las muestras colectadas en este sector es M023 Y M024. La actitud general de los estratos es de N 285°, 50° NE (Figura 27).



**Figura 27.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento de la estación 18 hasta la estación 19, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 19 m, parcialmente cubierto.

**Estación 19-20,** distancia: 270-286 m, visual: N 111°

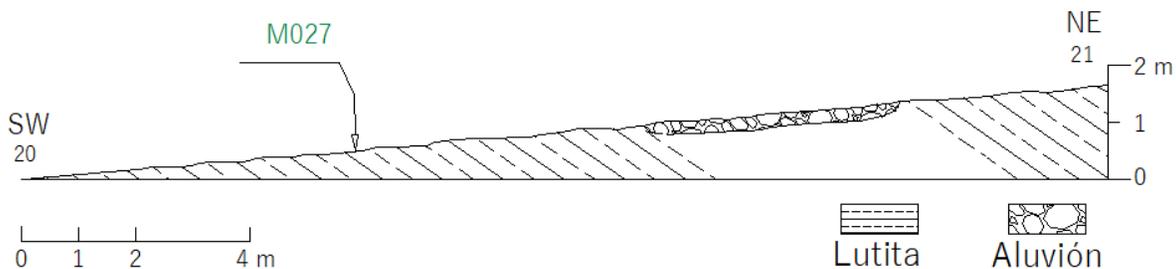
En el intervalo de 270 a 286 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. Las muestras colectadas en este sector son M025 Y M026. La actitud general de los estratos varía de N 330°, 48° NE (Figura 28). De 280 a 282 m se encuentra cubierto por suelo laterítico.



**Figura 28.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 19 hasta la estación 20, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 16 m, parcialmente cubierto.

**Estación 20-21,** distancia: 286-305 m, visual N 120°

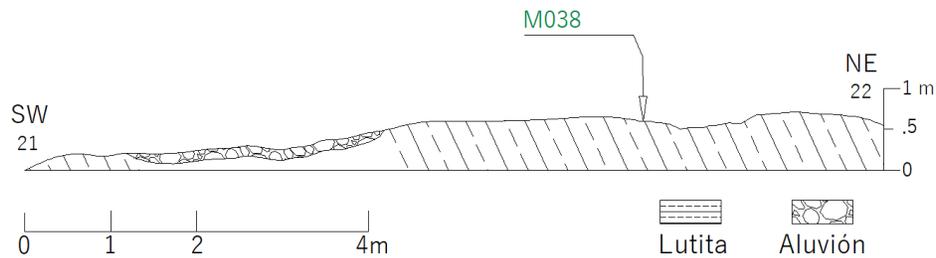
En el intervalo de 286 a 303 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M027. La actitud general de los estratos es N 315°, 75° NE (Figura 29).



**Figura 29.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 20 hasta la estación 21, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 19 m, parcialmente cubierto.

**Estación 21-22,** distancia: 303-313.6 m, visual: N 100°

En el intervalo de 303 a 313.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M028 (Figura 30).



**Figura 30.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 21 hasta la estación 22, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 10.60 m, parcialmente cubierto.

**Estación 22-23,** distancia: 313.6-342.6 m, visual: N 095°

El intervalo de 313.60 a 342.60 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 23-24,** distancia: 342.6-358.1 m, visual: N 086°

El intervalo 342.6 a 358.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 24-25,** distancia: 358.1-372.2 m, visual: N 088°

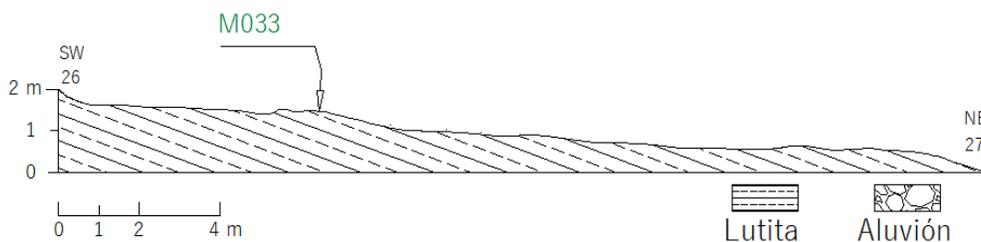
El intervalo 358.1-372.2 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 25-26,** distancia: 372.2-383.6 m, visual: N 048°

El intervalo 372.2-383.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 26-27,** distancia: 383.6-406.6 m, visual: N 092°

En el intervalo de 394 a 396 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M 033. La actitud general de los estratos es N276°, 67° NE (Figura 31). De 396 a 406.6 m se encuentra cubierto por suelo laterítico.



**Figura 31.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 26 hasta la estación 27, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 23.6 m.

**Estación 27-28**, distancia: 406.6-420.6 m, visual: N 095°

El intervalo 406.6-420.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 28-29**, distancia: 420.6-428.6 m, visual: N055°

El intervalo 420.6-428.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 29-30**, distancia: 428.6-437.3 m, visual: N 129°

El intervalo 428.6-437.3 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 30-31**, distancia: 437.3-448.7 m, visual: N 129°

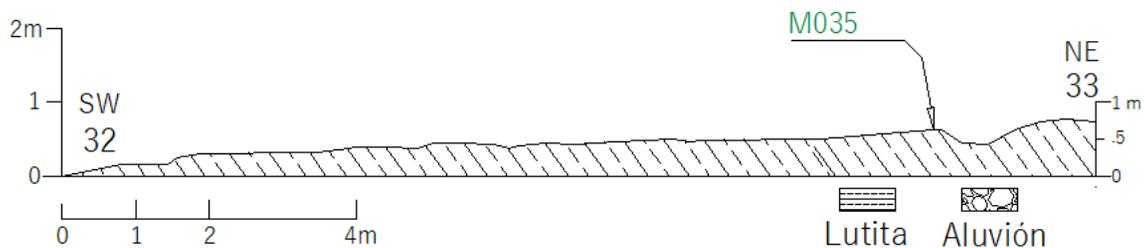
El intervalo 437.3-448.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 31-32**, distancia: 448.7-462.8 m, visual: N 087°

El intervalo 448.7-462.8 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 32-33**, distancia: 462.8-476.9 m, visual: N 117°

En el intervalo de 459.4 a 465.5 m aflora un paquete homogéneo lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M035. La actitud general de los estratos es N 271°, 54° NE (Figura 32).



**Figura 32.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación 32 hasta la estación 33, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.1 m.

**Estación 33-34**, distancia: 476.9-495.6 m, visual: N 110°

El intervalo 476.9-495.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 34-35**, distancia: 495.6-507.7 m, visual: N 110°

El intervalo 495.6-507.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 35-36**, distancia: 507.7-516 m, visual: N 112°

El intervalo 507.7-516 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 36-37**, distancia: 516-530.3 m, visual: N 108°

El intervalo 516-530.3 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación 37-38**, distancia: 530.3-547 m, visual: N 085°

El intervalo 530.3-547 m está representado por un intervalo cubierto.

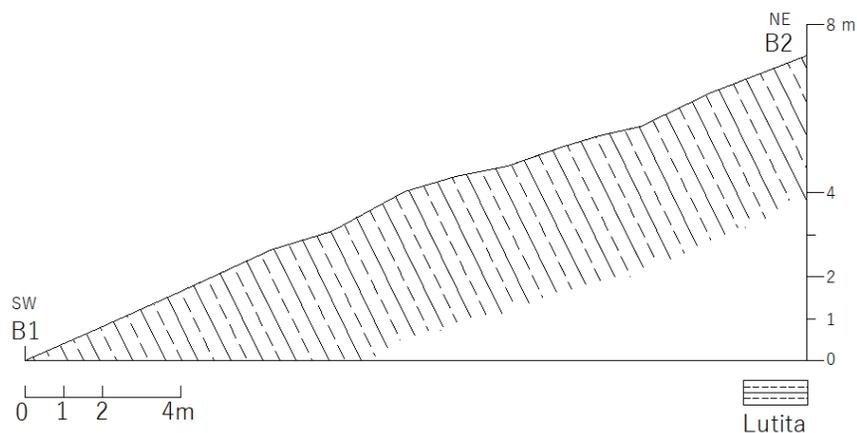
### 3.4 Sección geológica de campo IV (figura 7)

**Estación 35-B1**, distancia: 0-15.8 m, visual: N 034°

El intervalo 0-15.8 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B1-B2**, distancia: 15.8-35.8 m, visual: N 040°

En el intervalo de 15.8-35.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 285°, 64° NE (Figura 46).



**Figura 33.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación B1 hasta la estación B2, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 20 m.

**Estación B2-B3**, distancia: 35.8-44.2 m, visual: N 079°

El intervalo 35.8-44.2 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B3-B4**, distancia: 44.2-63.7 m, visual: N 337°

El intervalo 44.2-63.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B4-B5**, distancia: 63.7-95.7 m, visual: N 025°

En el intervalo de 63.7-95.7 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 271°, 53° NE.

**Estación B5-B6**, distancia: 95.7-111 m, visual: N 115°

El intervalo 95.7-111 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B6-B7**, distancia: 111-130.3 m, visual: N 080°

El intervalo 111-130.3 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B7-B8**, distancia: 130.3-153.9 m, visual: N 085°

El intervalo 130.3-153.9 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B8-B9**, distancia: 153.9-167.1 m, visual: N 088°

El intervalo 153.9-167.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B9-B10**, distancia: 167.1-177.7 m, visual: N 335°

En el intervalo de 167.1-177.7 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 287°, 49° NE.

**Estación B10-B11**, distancia: 177.7-188.7 m, visual: N 074°

El intervalo 177.7-188.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B11-B12**, distancia: 188.7-214.5 m, visual: N 332°

El intervalo 188.7-214.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B12-B13**, distancia: 214.5-235.2 m, visual: N 331°

El intervalo 214.5-235.2 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B13-B14**, distancia: 235.2-249.5 m, visual: N 354°

El intervalo 235.2-249.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B14-B15**, distancia: 249.5-266 m, visual: N 087°

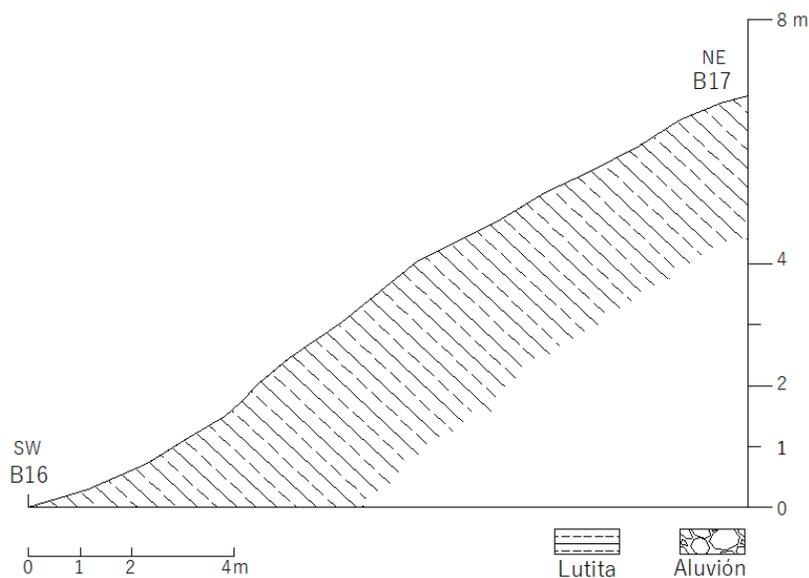
El intervalo 249.5-266 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B15-B16**, distancia: 266-283.8 m, visual: N 054°

El intervalo 266-283.8 está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B16-B17**, distancia: 283.8-298.3 m, visual: N 030°

En el intervalo de 283.8-298.3 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 290°, 43° NE (Figura 47).



**Figura 34** .- Perfil local de campo SW-NE de la estación B16 m hasta la estación B17 m. La longitud del afloramiento es de 14.5 m.

**Estación B17-B18**, distancia: 298.3-317.5 m, visual: N 017°

El intervalo 298.3-317.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B18-B19**, distancia: 317.5- 335.4 m, visual: N 025°

El intervalo 317.5- 335.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B19-B20**, distancia: 335.4-350.6 m, visual: N 020°

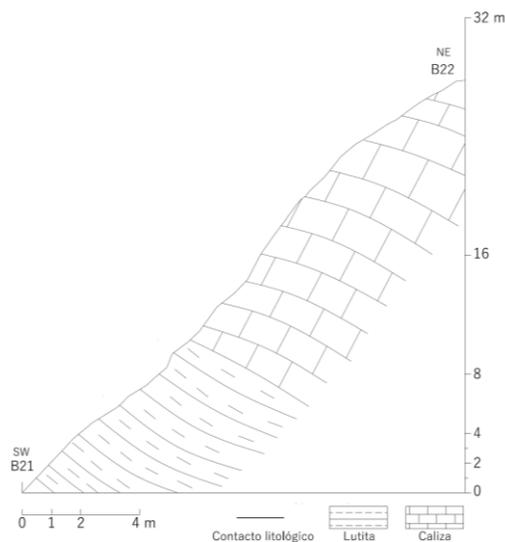
El intervalo 335.4-350.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B20-B21**, distancia: 350.6-365.6 m, visual: N 031°

El intervalo 350.6-365.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación B21-B22**, distancia: 365.6-406.4 m, visual: N 031°

En el intervalo de 403 a 406.4 aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada, en contacto transicional con un paquete homogéneo de caliza de estratos gruesos a masivos, paralelos y continuos, de coloración gris oscuro en superficie fresca y color gris claro en superficie intemperizada, con nódulos de pedernal en la base. La actitud general de los estratos varía de N 299°, 30° NE a N 301°, 20° NE (Figura 48).

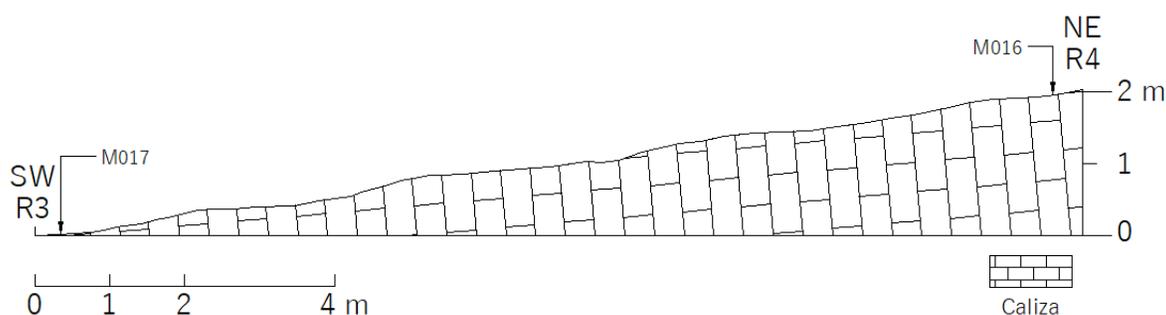


**Figura 35.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación B21 hasta la estación B22. La longitud del afloramiento es de 40.8 m.

### 3.5 Secciones geológicas de campo en diversos puntos de la Sierra La Laguna (radiales 1) (figura 7)

**Radial R3-R4**, distancia: 0-14.52 m, visual: N 03°

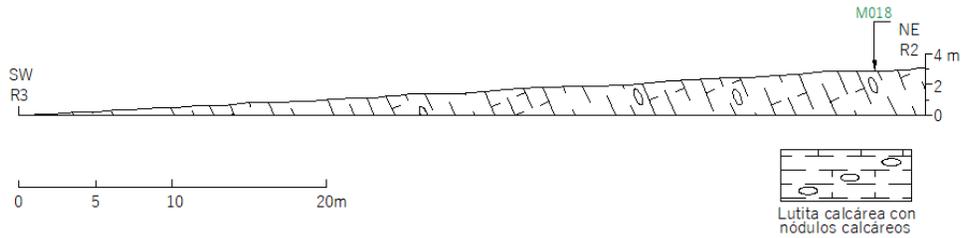
En el intervalo radial de 0-14.52 aflora un paquete homogéneo de caliza con estratificación masiva, no se reconocen planos de estratificación. El color de este paquete es gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca. Este paquete es nombrado olistolito 2 en el presente escrito. Se encuentra en contacto en todos sus flancos con un paquete de lutita calcárea con nódulos calcáreos, de estratos delgados, paralelos y continuos, color gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca. EL espesor de los estratos varía de 0.05 a 0.10 m. Las muestras colectadas son M017 y M016. La actitud estructural es dudosa, se infiere N 290°, 85° NE (Figura 49).



**Figura 36.-** Perfil local de campo SW-NE de la radial R3 hasta la radial R4, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.52 m.

**Radial R3-R2**, distancia: 0-59 m, visual: N 08°

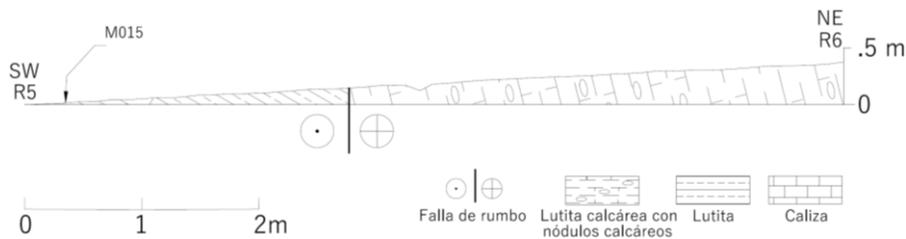
En el intervalo radial de 0-59 m está constituido por un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos; color gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca, los estratos de lutita varían de 0.05 a 0.10 m; la estratificación es delgada, paralela y continua. La muestra colectada en este sector es M018. La actitud general de los estratos es N 280°, 67° NE (Figura 50).



**Figura 37.-** Perfil local de campo SW-NE de la radial R2 – R3, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 59 m.

**Radial R5-R6, distancia: 0-7.2 m, visual: N 096°**

En el intervalo radial de R5 hasta la radial R6 aflora un paquete heterogéneo de lutita – caliza arcillosa, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos de caliza arcillosa es de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, mientras que el espesor de los estratos de lutita calcárea varían de 0.01 a 0.03 m, esta litología tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro en superficie intemperizada; en contacto por falla con un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M015. La actitud general de los estratos es N 317°, 81° NE y N 285°, 75° NE (Figura 51).



**Figura 38.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la radial R5 - R6, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es 7.2 m.

**Radial R16-R17, distancia: 0-47 m, visual: N 032°**

En el intervalo radial de R16 hasta la radial R17 está constituido por un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos; color gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca, los estratos de lutita varían de 0.05 a 0.10 m;

la estratificación es delgada, paralela y continua. La muestra colectada en este sector es M030. La actitud general de los estratos es N 318°, 85° NE (Figura 52).



**Figura 39.-** Perfil local de campo SW-NE de la radial R16 hasta la radial R17, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 47 m.

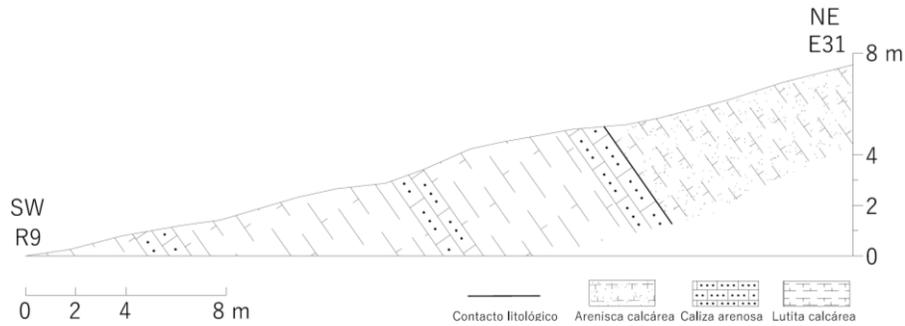
**Radial R11-R10, distancia: 0-43 m, visual: N 03°**

En el intervalo radial de R11 hasta la radial R10 está constituido por un paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos; color gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca, los estratos de lutita varían de 0.05 a 0.10 m; la estratificación es delgada, paralela y continua. La actitud general de los estratos es N 328°, 55° NE y N 310°, 54° NE.

**Radial R9-E31, distancia: 0-33.6 m, visual: N 21°**

En el intervalo radial de R10 hasta la radial R9 está constituido paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada, en contacto transicional con un paquete heterogéneo de lutita calcárea – caliza arenosa, el espesor de los estratos de lutita calcárea varía de entre 0.003 a 0.007 m, El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada; la estratificación es delgada paralela y continua. Por su parte la caliza arenosa tiene un espesor que va de 0.15 a 0.20 m, la litología es color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada, de estratificación mediana, paralela y continua,

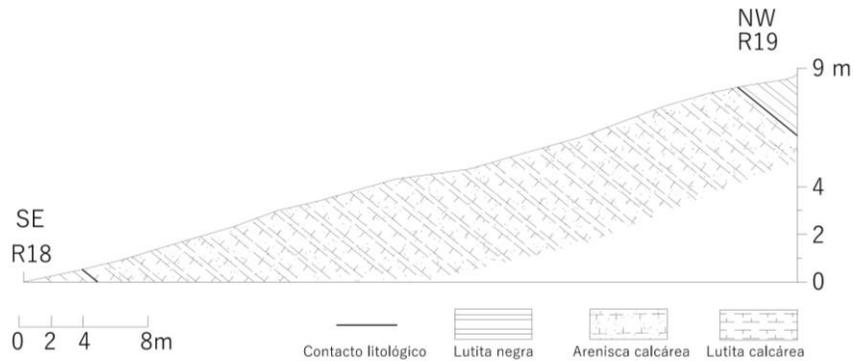
a su vez esta unidad está en contacto transicional con un paquete homogéneo de arenisca calcárea de grano fino, con estratificación mediana, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.1 a 0.3 m, el color de este paquete es amarillo ocre a rojizo en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca. La actitud general de los estratos es N 310°, 55° NE (Figura 53).



**Figura 40.-** Perfil local de campo SW-NE de la radial R9 hasta la estación R9. La longitud del segmento es 33.6 m.

**Radial R18-R19,** distancia: 0-33.8 m, visual: N 331°

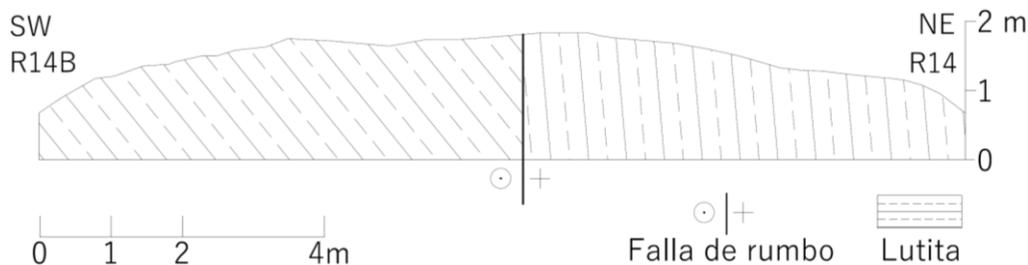
En el intervalo de la radial R18 hasta la radial R19 un paquete heterogénea de lutita calcárea – caliza arenosa, el espesor de los estratos de lutita calcárea varía de entre 0.003 a 0.007 m, El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada; la estratificación es delgada paralela y continua. Por su parte la caliza arenosa tiene un espesor que va de 0.15 a 0.20 m, la litología es color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada, de estratificación mediana, paralela y continua. En contacto transicional con un paquete un paquete homogéneo de arenisca calcárea de grano fino, con estratificación mediana, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.1 a 0.3 m, el color de este paquete es amarillo ocre a rojizo en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca, esta unidad esta a su vez en contacto transicional con un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que los estratos contienen laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 280°, 40° NE (Figura 54).



**Figura 41.-** Perfil local de campo SE-NW de la radial R18 hasta la radial R19. La longitud del segmento es 33.8 m.

**Radial R14-R14B,** distancia: 0-13.4 m, visual: N 047°

En el intervalo radial de R14 hasta la radial R14B está constituido por un paquete homogéneo de lutita con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.04 a 0.06 m, el color de este paquete es gris claro en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca. En contacto por falla con un paquete de lutita con las mismas características físicas arriba mencionadas. La actitud general de los estratos varía de N315°, 86° NE y N 275°, 59° NE (Figura 55).

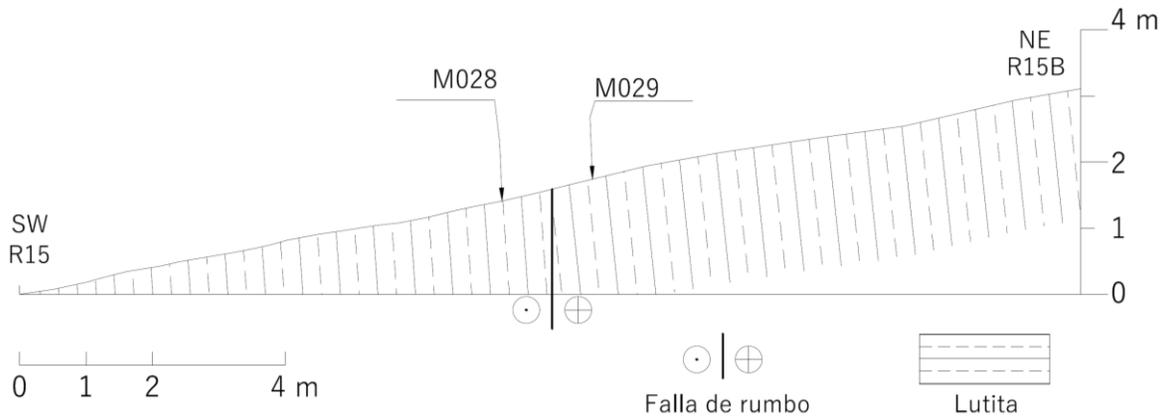


**Figura 42.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación R14 hasta la estación R14B, mostrando el echado aparente. La longitud de la estación es de 13.4 m.

**Radial R15-R15B,** distancia: 0-16.32 m, visual: N 033°

En el intervalo radial de R15 hasta la radial R15B está constituido por un paquete homogéneo de lutita con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varía de 0.04 a 0.06 m, el color de este paquete es gris claro en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca. Esta unidad está afectada por una fractura vertical de

13 cm de ancho rellena de caliche, lo que parece ser una falla de rumbo. Las muestras colectadas en este sector son M028 y M029. La actitud general de los estratos es N 327°, 75° NE y N 335°, 67° NE (Figura 56).

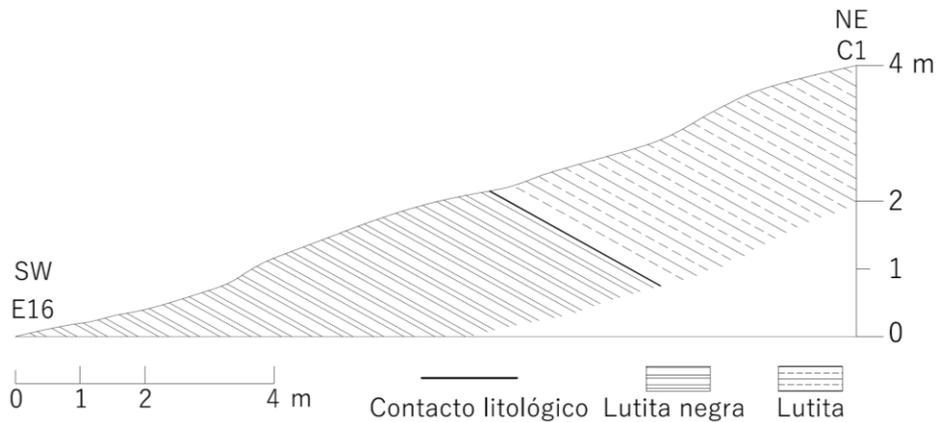


**Figura 43.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la radial R15 hasta la radial R15B, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 16.32 m.

### 3.3 Sección geológica de campo III (figura 7)

**Estación** 16-C1, distancia: 0-13 m, visual: N 029°

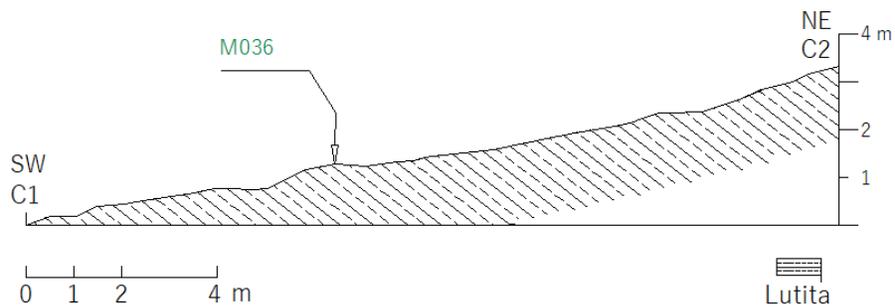
En el intervalo de 0 a 13 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. Esta unidad está en contacto transicional con un paquete homogéneo lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, o color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 292°, 29° NE (Figura 33).



**Figura 44.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación 16 hasta la estación C1. La longitud del afloramiento es de 13 m.

**Estación C1-C2,** distancia: 13-30.4 m, visual: N 055°

En el intervalo de 13 a 30.40 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M036. La actitud general de los estratos es N 281°, 35° NE (Figura 34).

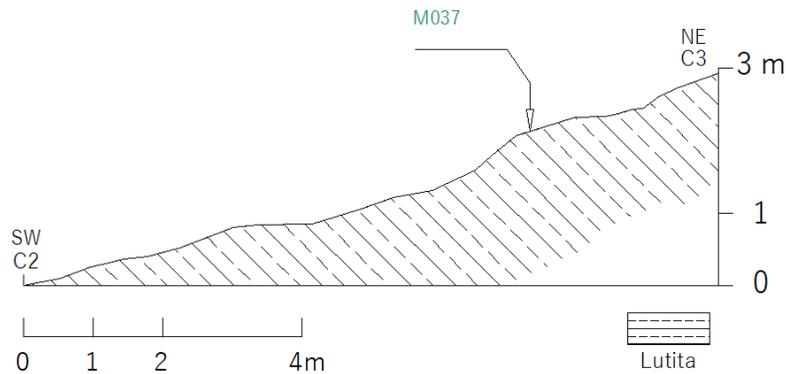


**Figura 45.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación C1 hasta la estación C2, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.4 m.

**Estación C2-C3,** distancia: 30.4-40.4 m, visual: N 014°

En el intervalo de 30.4 a 40.4 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra

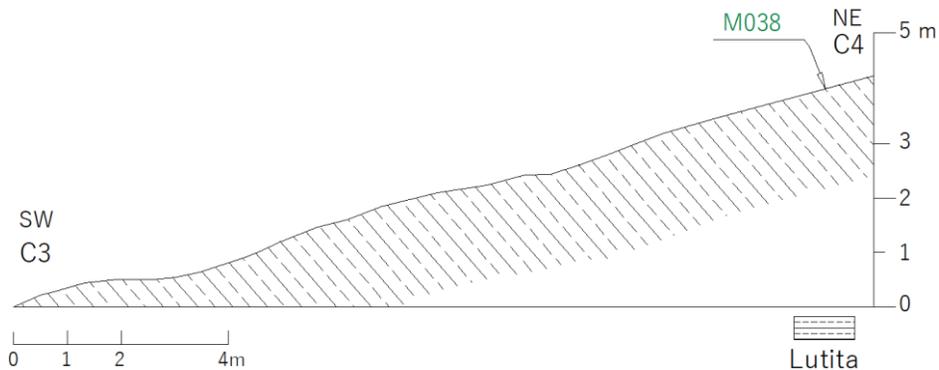
colectada para este sector es M037. La actitud general de los estratos es N 278°, 45° NE (Figura 35).



**Figura 46.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación C2 hasta la estación C3. La longitud del afloramiento es de 10 m.

**Estación C3-C4,** distancia: 40.4-56.8 m, visual: N 341°

En el intervalo de 40.4 a 56.8 m paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M038. La actitud general de los estratos es N 284°, 49° NE (Figura 36).

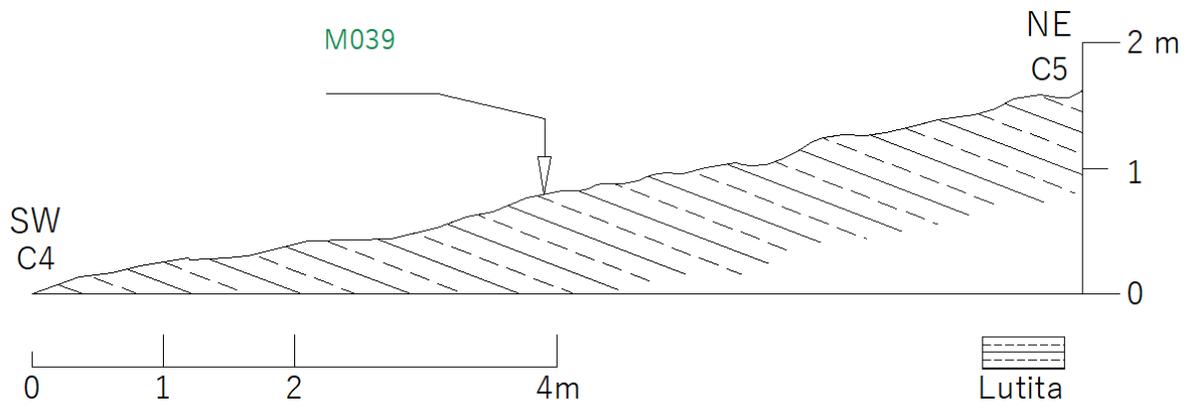


**Figura 47.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C3 hasta la estación C4. La longitud del afloramiento es de 16.40 m.

**Estación C4-C5,** distancia: 56.8-65.3 m, visual: N 074°

En el intervalo de 56.8 a 65.3 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra

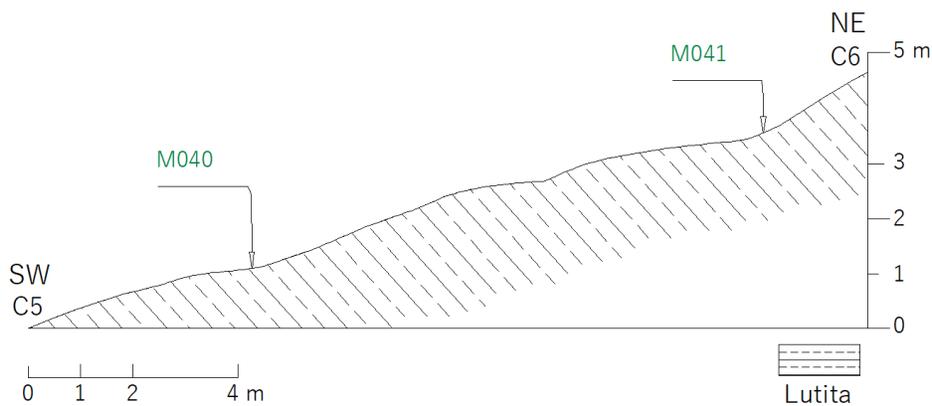
colectada en este sector es M039. La actitud general de los estratos es N 275°, 47° NE (Figura 37).



**Figura 48.**- Perfil local de campo SW-NE de la estación C4 hasta la estación C5, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 8.50 m.

**Estación C5-C6,** distancia: 65.3-81.3 m, visual: N 06°

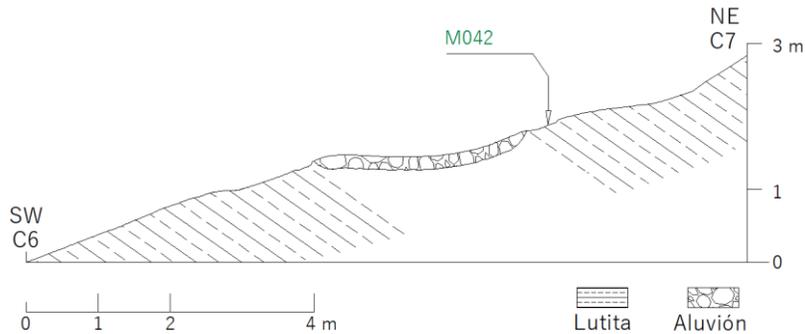
En el intervalo de 65.3 a 81.3 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. Las muestras colectadas en este sector son M040 y M041. La actitud general de los estratos es N 286°, 48° NE (Figura 38).



**Figura 49.**- Perfil local de campo SW-NE de la estación C5 hasta la estación C6. La longitud del afloramiento es de 16 m.

**Estación C6-C7**, distancia: 81.3-91.6 m, visual: N 035°

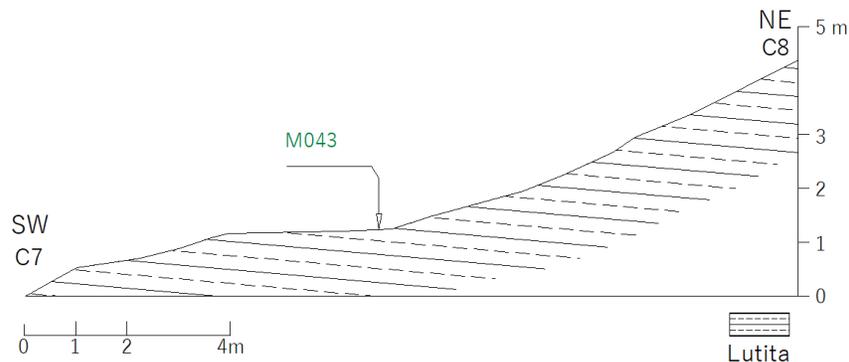
En el intervalo de 81.3 a 91.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M042. La actitud general de los estratos es N255°, 48° NW (Figura 39).



**Figura 50.**- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C6 hasta la estación C7, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 10.30 m, parcialmente cubierto.

**Estación C7-C8**, 91.6-106.6 m, visual: N 080°

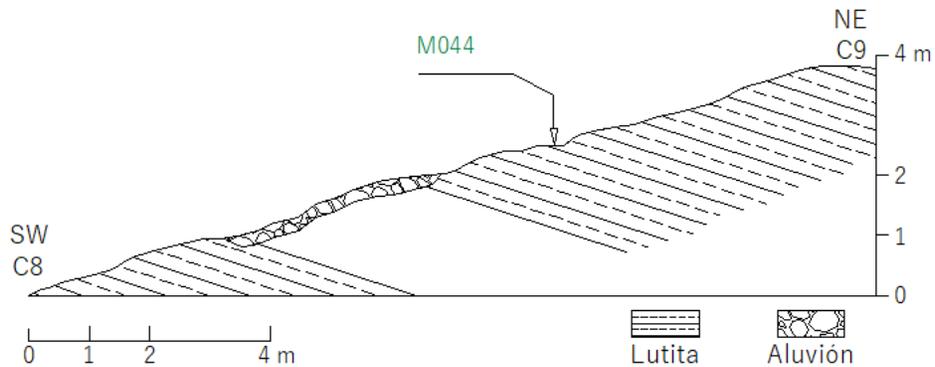
En el intervalo de 91.6 a 106.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M043. La actitud general de los estratos es N 265°, 51° NW (Figura 40).



**Figura 51.**- Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C7 hasta la estación C8, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15 m.

**Estación C8-C9**, distancia: 106.6-121.2 m, visual: N 085°

En el intervalo de 106.6 a 121.2 m paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación delgada, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada en este sector es M044. La actitud general de los estratos es N 275°, 50° NE (Figura 40).



**Figura 52.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación C8 hasta la estación C9, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.6 m, parcialmente cubierto.

**Estación C9-C10**, distancia: 121.2-140.7 m, visual: N 054°

El intervalo 121.2-140.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C10-C11**, distancia: 140.7-157 m, visual: N 064°

El intervalo 140.7-157 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C11-C12**, distancia: 157-174.5 m, visual: N 034°

El intervalo 157-174.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C12-C13**, distancia: 174.5-189.8 m, visual: N 015°

El intervalo 174.5-189.8 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C13-C14**, distancia: 189.8-202.4 m, visual: N 025°

El intervalo 189.8-202.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C14-C15**, distancia: 202.4-218 m, visual: N 78°

El intervalo 202.4-218 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C15-C16**, distancia: 218-235.6 m, visual: N 331°

El intervalo 218-235.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C16-C17**, distancia: 235.6-253.4 m, visual: N 077°

El intervalo 235.6-253.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C17-C18**, distancia: 253.4-269.3 m, visual: N 025°

El intervalo 253.4-269.3 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C18-C19**, distancia: 269.3-284.7 m, visual: N 05°

El intervalo 269.3-284.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C19-C20**, distancia: 284.7-300.1 m, visual: N 042°

El intervalo 284.7-300.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C20-C21**, distancia: 300.1-311.4 m, visual: N 23°

El intervalo 300.1-311.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C21-C22**, distancia: 311.4-322.1 m, visual: N 095°

El intervalo 311.4-322.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C22-C23**, distancia: 322.1-341 m, visual: N 090°

El intervalo 322.1-341 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C23-C24**, distancia: 341-371 m, visual: N 332°

El intervalo 341-371 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C24-C25**, distancia: 371-381.7 m, visual: N 026°

El intervalo 371-381.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C25-C26**, distancia: 381.7-397.8 m, visual: N 325°

El intervalo 381.7-397.8 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C26-C27**, distancia: 397.8-411.1 m, visual: N 057°

El intervalo 397.8-411.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C27-C28**, distancia: 411.1-420.5 m, visual: N 355°

El intervalo 411.1-420.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C28-C29**, distancia: 420.5- 434.9 m, visual: N 071°

El intervalo 420.5- 434.9 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C29-C30**, distancia: 434.9-444.9 m, visual: N 062°

El intervalo 434.9-444.9 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C30-C31**, distancia: 444.9-454.6 m, visual: N 031°

El intervalo 444.9-454.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C31-C32**, distancia: 454.6-465 m, visual: N 349°

El intervalo 454.6-465 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C32-C33**, distancia: 465-479.1 m, visual: N 355°

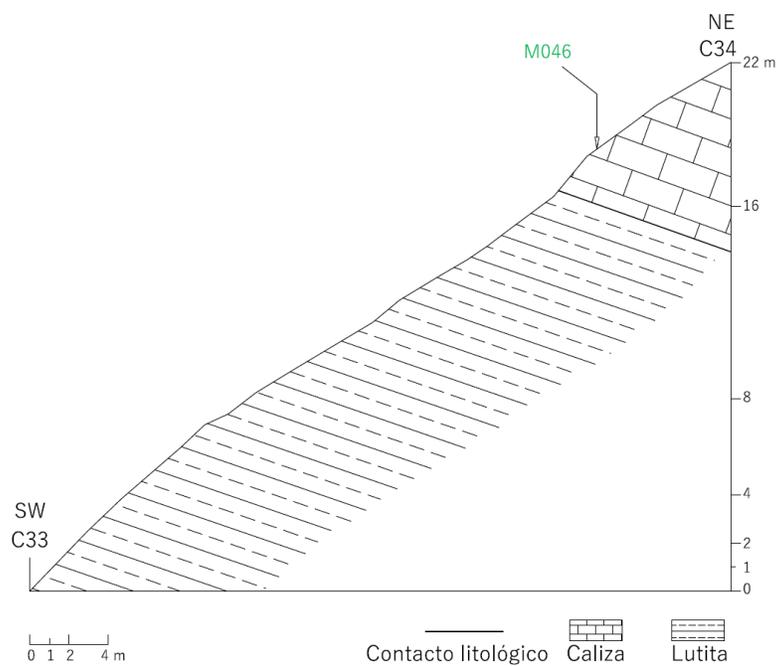
El intervalo 465-479.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C33-C34**, distancia: 479.1-515.8, visual: N 352°

En el intervalo de 479.1-515.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada, en contacto transicional con un paquete homogéneo de caliza de estratos gruesos a masivos, paralelos y continuos, de coloración gris oscuro en superficie fresca y color gris claro en superficie intemperizada, con nódulos de pedernal en la base. La muestra colectada para este sector es M046 (Figura 42). La actitud general de los estratos N 300°, NE 64° (Figura 43).



**Figura 53.-** Fotografía de campo de la Unidad VII, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M046, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.



**Figura 54.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación C33 hasta la estación C34. La longitud del afloramiento es de 37.7 m.

**Estación C33-C35**, distancia: 479.1-499.5 m, visual: N 085°

El intervalo 479.1-499.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C35-C36**, distancia: 499.5-512.7 m, visual: N 024°

El intervalo 499.5-512.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C36-C37**, distancia: 512.7-527.1 m, visual: N 026°

El intervalo 512.7-527.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C37-C38**, distancia: 527.1-543.9 m, visual: N 101°

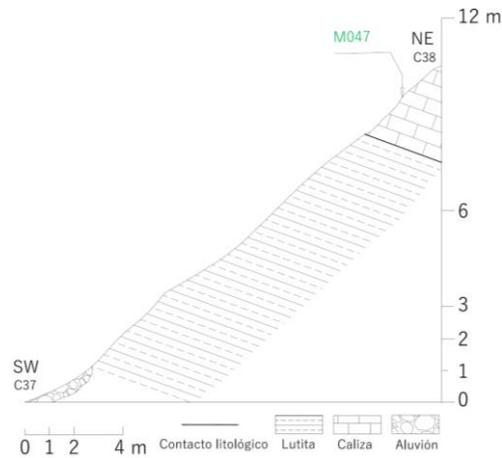
En el intervalo de 543 a 543.9 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada, en contacto transicional con un paquete homogéneo de caliza de estratos gruesos a masivos, paralelos y continuos, de coloración gris oscuro en superficie fresca y color gris claro en superficie intemperizada, con nódulos de pedernal en la base. La muestra colectada en este sector es M047. La actitud general de los estratos es N 300°, 64° NE (Figura 44).

**Estación C38-C39**, distancia: 543.9-558.1 m, visual: N 100°

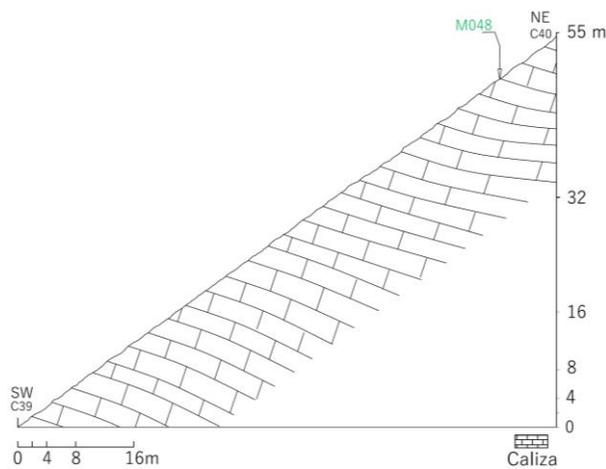
El intervalo 543.9-558.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación C39-C40**, distancia: 0-92.7 m, visual: N 019°

En el intervalo 0 a 86 m está constituido por un paquete homogéneo de caliza con estratificación mediana a gruesa, paralela y continua, el color de este paquete es gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca. La actitud estructural varía de N 300°, 30° NE a N 295°, 9° NE (Figura 45), la muestra colectada es la M048.



**Figura 55.-** Perfil local de campo SW-NE del afloramiento expuesto desde la estación C37 m hasta la estación C38 m. La longitud del afloramiento es de 16.8 m.



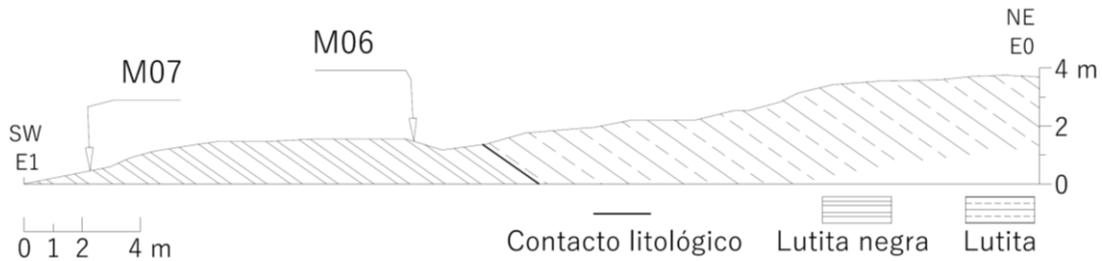
**Figura 56.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación C39 hasta la estación C40, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 92.7 m.

### 3.6 Sección geológica de campo V (figura 7)

**Estación E0-E1,** distancia: 0-35.2 m, visual: N 245°

En el intervalo de 0 a 35.2 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato

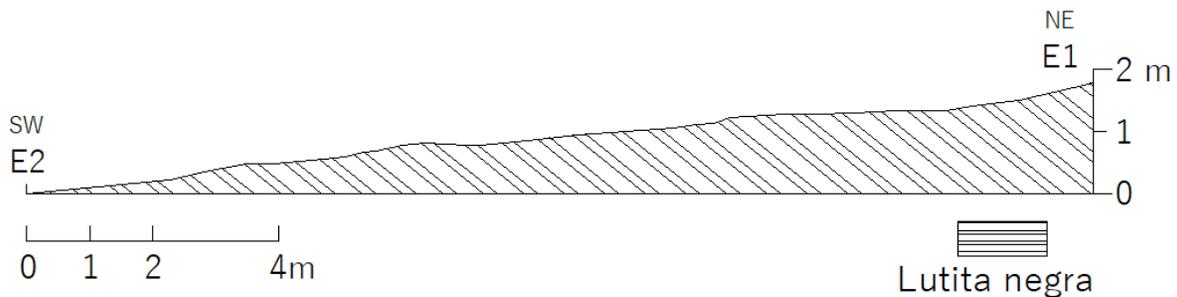
contiene laminaciones internas. Esta unidad está en contacto transicional con un paquete homogéneo lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, o color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. Las muestras colectadas para este sector son M06 y M07. La actitud general de los estratos N 275°, 55° NE (Figura 57).



**Figura 57.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E1 hasta la estación E0, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 35.2 m.

**Estación E1-E2,** distancia: 35.2-52.5 m, visual: N 253°

En el intervalo de 35.2 a 52.5 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 278°, 36° NE (Figura 58).



**Figura 58.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E1 hasta la estación E2, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.3 m.

**Estación E2-E3**, distancia: 52.5-80.4 m, visual: N 295°

El intervalo 52.5-80.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E3-E4**, distancia: 80.4-91 m, visual: N 259°

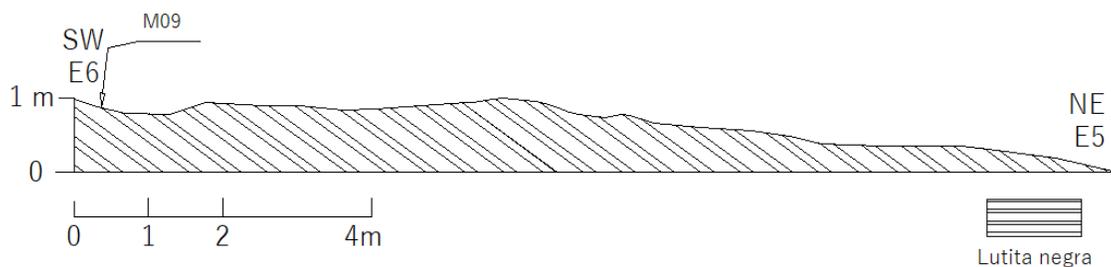
En el intervalo de 80.4-91 m aflora un paquete paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 278°, 36° NE.

**Estación E4-E5**, distancia: 91-134.6 m, visual: N 236°

En el intervalo de 91-134.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La muestra colectada en este sector es M08. La actitud general de los estratos N 271°, 45° NE.

**Estación E5-E6**, distancia: 134.6-148.8 m, visual: N 250°

En el intervalo de 134.6-148.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La muestra colectada en este sector es M09. La actitud general de los estratos N 290°, 49° NE (Figura 59).



**Figura 59.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E5 hasta la estación E6, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 14.2 m.

**Estación E6-E7**, distancia: 148.8-166.2 m, visual: N 250°

En el intervalo de 148.8-166.2 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 290°, 49° NE.

**Estación E7-E8**, distancia: 166.2-186.2 m, visual: N 302°

El intervalo 166.2-186.2 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E8-E9**, distancia: 186.2-197.3 m, visual: N 295°

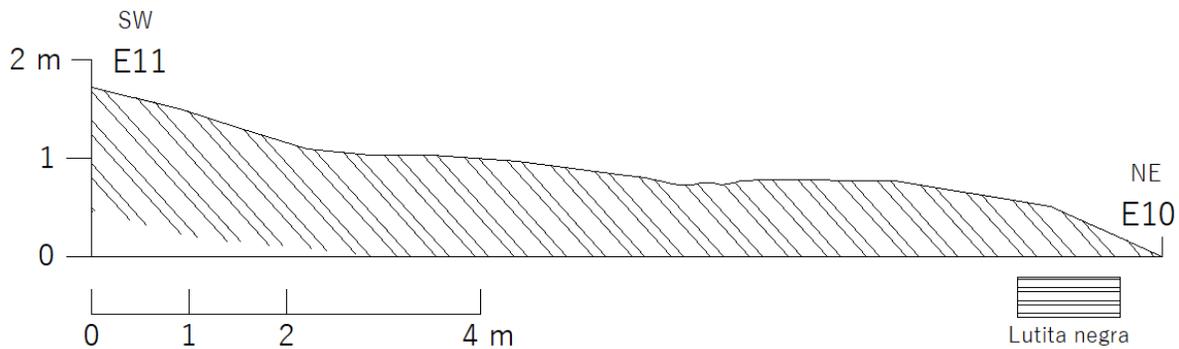
El intervalo 186.2-197.3 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E9-E10**, distancia: 197.3-212.6 m, visual: N 295°

En el intervalo de 197.3-212.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 280°, 57° NE.

**Estación E10-E11**, distancia: 212.6-223.6 m, visual: N 235°

En el intervalo de 212.6-223.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 281°, 57° NE (Figura 60).



**Figura 60.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E10 hasta la estación E11, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 11 m.

**Estación E11-E12,** distancia: 223.6-242.4 m, visual: N 275°

En el intervalo 223.6-242.4 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 271°, 40° NE.

**Estación E12-E13,** distancia: 242.4-265.4 m, visual: N 275°

El intervalo 242.4-265.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E13-E14,** distancia: 265.4-294.9 m, visual: N 287°

El intervalo 265.4-294.9 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E14-E15,** distancia: 294.9-325.9 m, visual: N 205°

En el intervalo 294.9 a 325.9 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 277°, 57° NE.

**Estación E15-E16,** distancia: 325.9-335.4 m, visual: N 245°

El intervalo 325.9-335.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E16-E17**, distancia: 335.4-340.4 m, visual: N 256°

El intervalo 335.4-340.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E17-E18**, distancia: 340.4-374 m, visual: N 282°

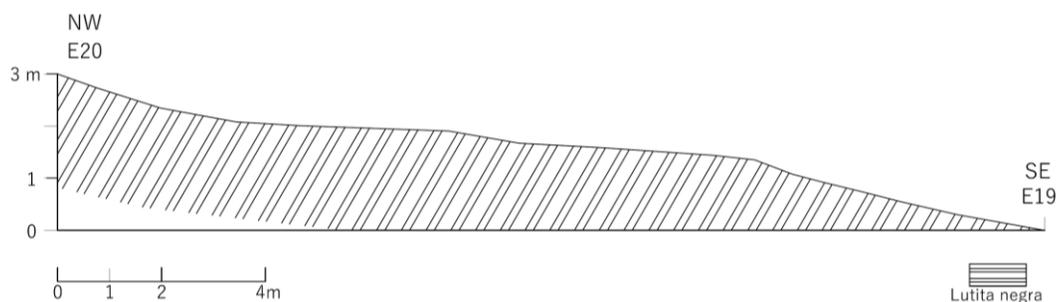
En el intervalo 340.4 a 374 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 261°, 45° NW.

**Estación E18-E19**, distancia 374-387 m, visual: N 289°

En el intervalo 374-387 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 258°, 60° NW.

**Estación E19-E20**, distancia: 387-406.1 m, visual: N 332°

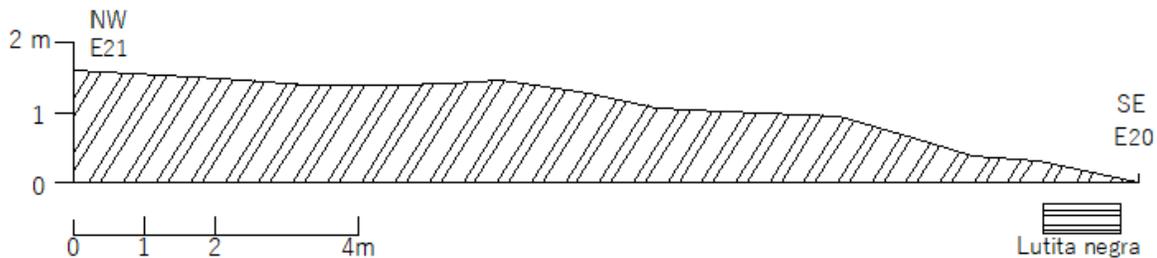
En el intervalo 387-406.1 m aflora paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 245°, 60° NW (Figura 61).



**Figura 61.-** Perfil local de campo NW - SE de la estación E20 hasta la estación E19. La longitud del afloramiento es de 19.1 m.

**Estación E20-E21**, distancia: 406.1-421.3 m, visual: N 345°

En el intervalo 406.1 a 421.3 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 260°, 58° NW (Figura 62).



**Figura 62.-** Perfil local de campo NW - SE de la estación E20 hasta la estación E21. La longitud del afloramiento es de 19.1 m.

**Estación E21-E22**, distancia: 421.3-430 m, visual: N 346°

El intervalo 421.3-430 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E22-E23**, distancia: 430-465.5 m, visual: N271°

El intervalo 430-465.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E23-E24**, distancia: 465.5-484.8 m, visual: N 260°

El intervalo 465.5-484.8 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E24-E25**, distancia: 484.8-496.5 m, visual: N 280°

El intervalo 484.8-496.5 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E25-E26**, distancia: 496.5-526.2 m, visual: N 334°

En el intervalo 496.5-497 m m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en

superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 297°, 75° NE.

**Estación E26-E27**, distancia: 526.2-544.3 m, visual: N 267°

El intervalo 526.2-544.3 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E27-E28**, distancia: 544.3-561.4 m, visual: N 280°

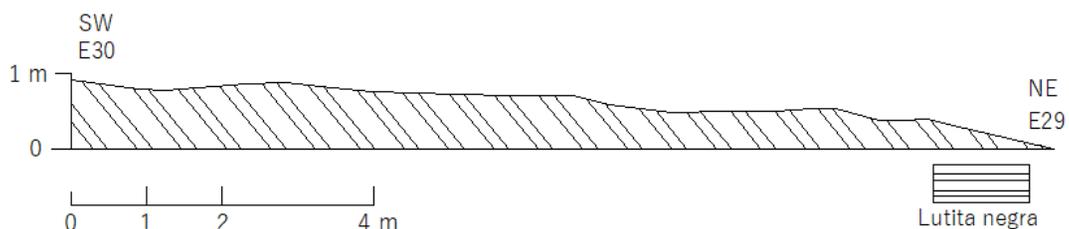
En el intervalo de 551.3 a 553.3 m m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 265°, 62° NW.

**Estación E28-E29**, distancia: 561.4-584.1 m, visual: N 250°

El intervalo 561.4-584.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E29-E30**, distancia: 584.1-597.3 m, visual: N 215°

En el intervalo de 584.1 a 597.3 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos N 260°, 55° NW (figura 64).



**Figura 63.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E29 hasta la estación E30, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 12.2 m.

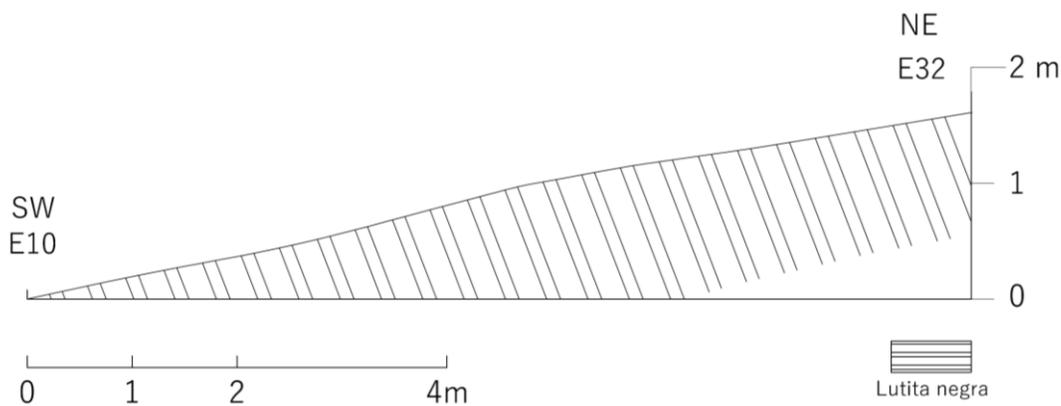
**Estación E30-E31**, distancia: 597.3-645 m, visual: N 226°

En el intervalo de 597.3 a 645 m m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 245°, 49° NW.

### 3.6.1 Sección geológica de campo sobre la cañada Ojo de Agua de la Sierra La Laguna (figura 7)

**Estación E10-E32**, distancia: 0-8.30 m, visual: N 036°

En el intervalo 0 – 8.30 m m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 285°, 69° NE (Figura 64).



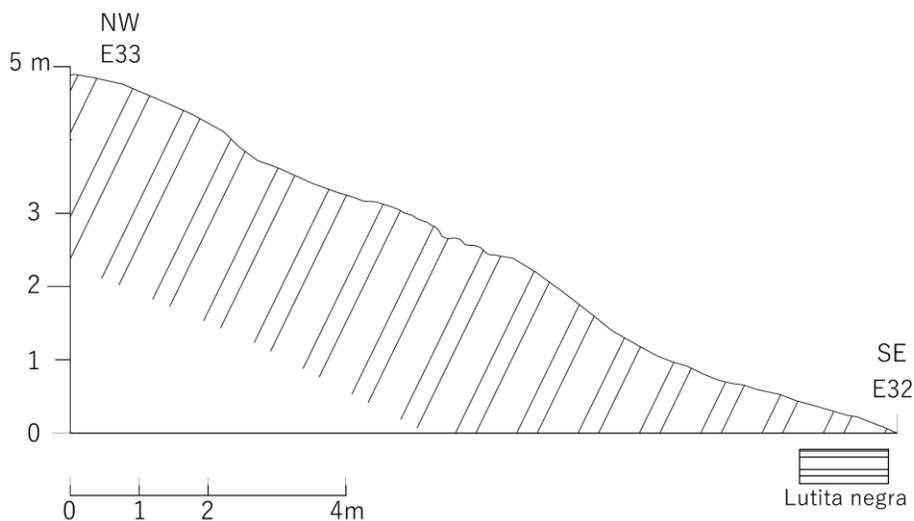
**Figura 64.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E10 hasta la estación E32, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 8.30 m.

**Estación E32-E33**, distancia: 8.30-20.6 m, visual: N 335°

En el intervalo de 8.3 a 20.6 m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. La actitud general de los estratos es N 285°, 70° NE.

**Estación E33-E34**, distancia: 20.6-41.1 m, visual: N 335°

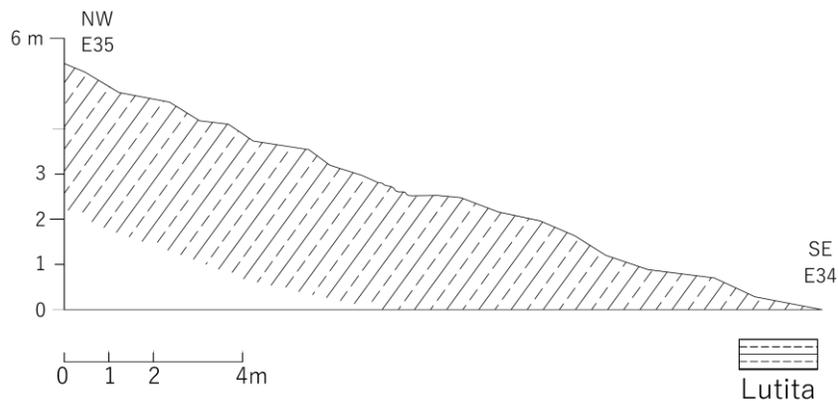
En el intervalo de 20.6 a 41.1 m m aflora un paquete homogéneo de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. Esta unidad está en contacto transicional con un paquete homogéneo lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, o color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 268°, 59° NW (Figura 65).



**Figura 65.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E33 hasta la estación E34, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 20.5 m.

**Estación E34-E35, distancia: 41.1-58.7, visual: 341°NW**

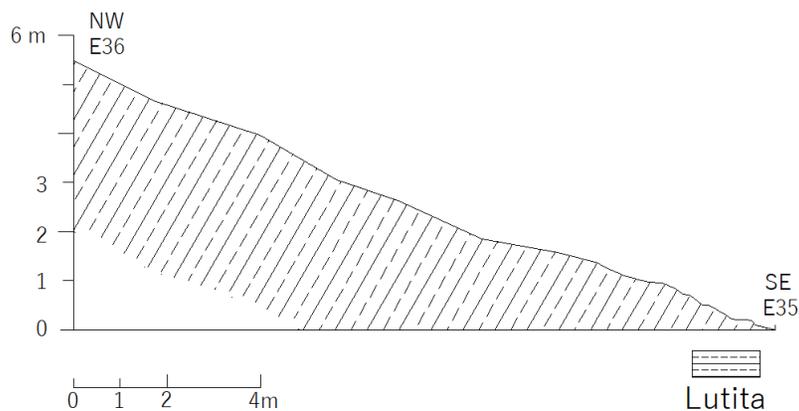
En el intervalo de 41.1 a 58.7 m En el intervalo de 251 a 270 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 297°, 64° NE (Figura 66).



**Figura 66.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E34 hasta la estación E35, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.6 m.

**Estación E35-E36, distancia: 58.7-74 m, visual: N 340°**

En el intervalo de 58.7 a 74 m En el intervalo de 251 a 270 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 283 °, 65° NE (Figura 67).



**Figura 67.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E35 hasta la estación E36, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15.30 m.

**Estación E36-E37**, distancia: 74-89.5 m, visual: N 332°

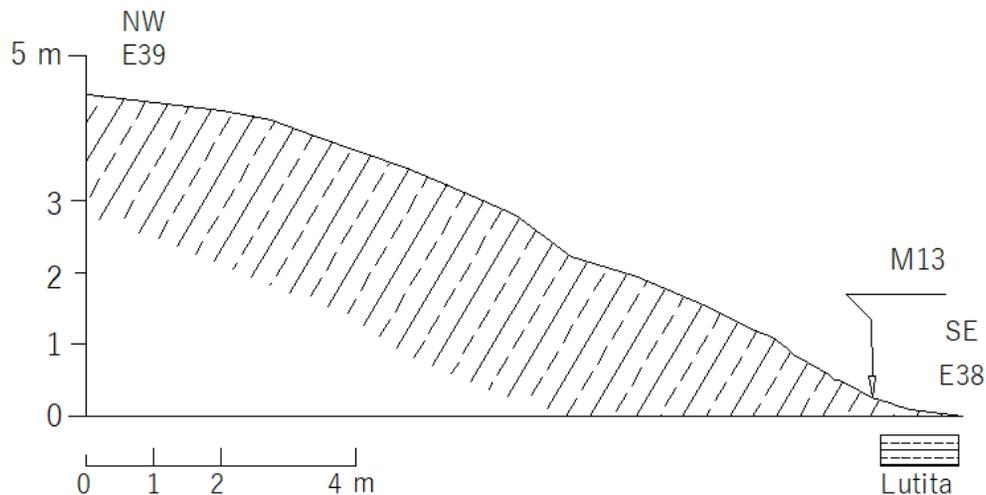
En el intervalo de 74 a 89.5 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 281°, 50° NE.

**Estación E37-E38**, distancia: 89.5-104.1 m, visual: N 333°

El intervalo 89.5-104.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E38-E39**, distancia: 104.1-117.2 m, visual: N 355°

En el intervalo de 104.1 a 117.2 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada para este sector es M13. La actitud general de los estratos es N 291°, 63° NE (Figura 68).



**Figura 68.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E38 hasta la estación E39, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 15.50 m.

**Estación E39-E40**, distancia: 117.2-133.7 m, visual: N 349°

El intervalo 117.2-133.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E40-E41**, distancia: 133.7-146.7 m, visual: N 333°

En el intervalo de 133.7 a 146.7 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 272°, 63° NE.

**Estación E41-E42**, distancia: 146.7-166.7 m, visual: N 338°

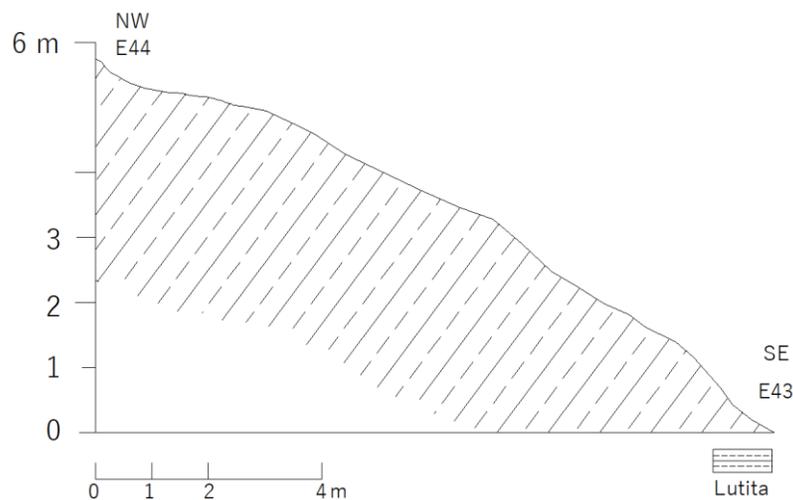
El intervalo 146.7-166.7 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E42-E43**, distancia: 166.7-190.8 m, visual: N 09°

En el intervalo de 166.7 a 190.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 274°, 63° NE.

**Estación E43-E44**, distancia: 190.8-202.8 m, visual: N 350°

En el intervalo de 190.8 a 202.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 272°, 55° NE (Figura 69).



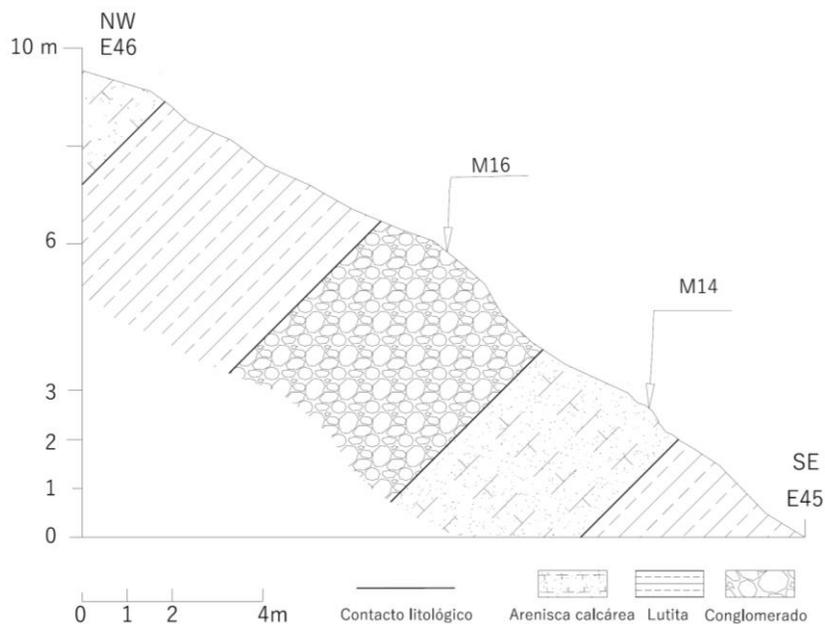
**Figura 69.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E43 hasta la estación E44, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 12 m.

**Estación** E44-E45, distancia: 202.8-218.9 m, visual: N 345°

En el intervalo de 202.8 a 218.9 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 272°, 63° NE.

**Estación** E45-E46, distancia: 218.9-236.5 m, visual: N 345°

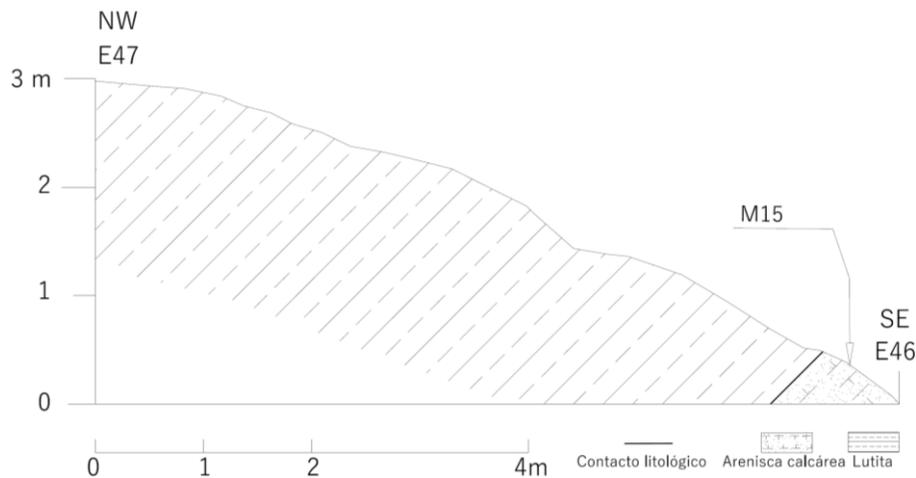
En el intervalo de 218.9 a 236.5 m aflora un paquete heterogéneo de lutita-arenisca calcárea-conglomerado, en las lutitas se observan con estratificación delgada, paralela y continua, El espesor de los estratos de lutita varía de 0.005 m a 0.008 m, el color de este paquete es gris claro a rojizo en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca. En el horizonte de arenisca calcárea a se observa estratificación gruesa, paralela y continúa. De color amarillo ocre en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca de grano medio. Para el caso del conglomerado el espesor de los estratos varia de 0.15 hasta 0.20 y hasta .50 m, de color gris a rojizo en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca, de grano grueso. Las muestras colectadas para este sector son M14 y M16. La actitud general de los estratos es N 293°, 58° NE (Figura 70).



**Figura 70.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E45 hasta la estación E46, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 17.60 m.

**Estación E46-E47**, distancia: 236.5-244.5 m, visual: N 319°

En el intervalo de 236.5 a 244.5 m aflora un paquete heterogéneo de arenisca calcárea. En él se observa estratificación gruesa, paralela y continua. De color amarillo ocre en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca de grano medio, en contacto abrupto con un paquete homogéneo lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación delgada, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La muestra colectada para este sector es M15. La actitud general de los estratos es N 272°, 55° NE (Figura 71).



**Figura 71.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E46 hasta la estación E47, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 8 m.

**Estación E47-E48**, distancia: 244.5-257.4 m, visual: N 340°

El intervalo 244.5-257.4 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E48-E49**, distancia: 257.4-288.1 m, visual: N 340°

El intervalo 257.4-288.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E49-E50**, distancia: 288.1-300.1 m, visual: N 05°

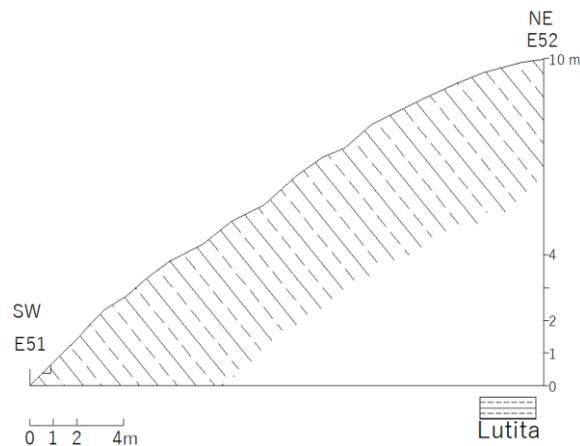
En intervalo de 288.1 – 300.1 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación delgada, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 274°, 63° NE.

**Estación E50-E51**, distancia: 300.1-322.1 m, visual: N 05°

El intervalo 300.1-322.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E51-E52**, distancia: 322.1-340.8 m, visual: N 02°

En intervalo de 322.1-340.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 273°, 63° NE (Figura 72).



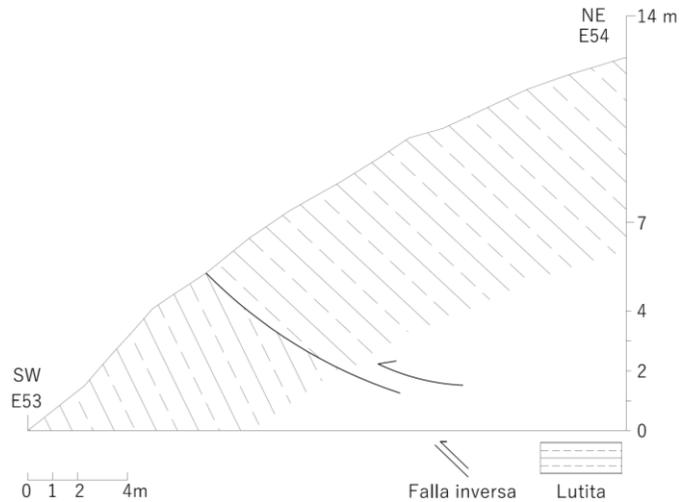
**Figura 72.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E51 hasta la estación E52. La longitud del afloramiento es de 18.7 m.

**Estación E52-E53**, distancia: 340.8-358.1 m, visual: N 335°

El intervalo 340.8-358.1 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E53-E54**, distancia: 358.1-381.8 m, visual: N 06°

En intervalo de 322.1-340.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 273°, 64° NE y N 285°, 44° NE (Figura 73).



**Figura 73.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E53 hasta la estación E54. La longitud del afloramiento es de 23.7 m.

**Estación E54-E55,** distancia: 381.8-416.6 m, visual: N 07°

En intervalo de 322.1-340.8 m aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 293°, 36° NE.

**Estación E55-E56,** distancia: 416.6-421.5 m, visual: N 014°

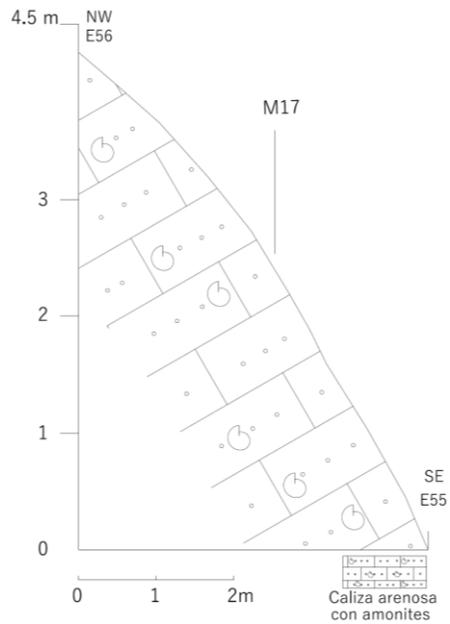
En el intervalo de 416.6 a 421.5 m aflora un paquete homogéneo de caliza (packstone arenosa), con estratificación gruesa, paralela y continúa, el espesor de los estratos varia de 0.25 a 0.50 m, el color de este de paquete es amarillo ocre en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca, contiene abundantes amonitas. La muestra colectada para este sector es M17 (Figuras 74 y 75). La actitud general de los estratos es N 299°, 32° NE (Figura 76).



**Figura 74.-** Fotografía de campo de la Unidad VI, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M17, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.



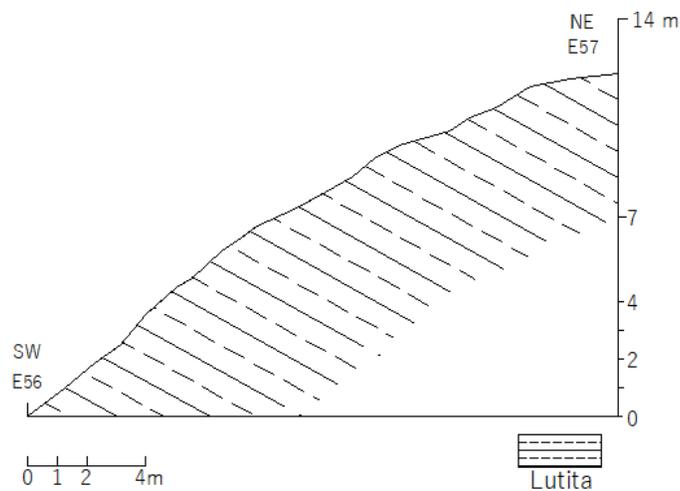
**Figura 75.-** Fotografía mostrando ejemplares de amonites encontrados entre las estaciones E55-E56 sobre la Unidad VI.



**Figura 76.-** Perfil local de campo NW-SE de la estación E55 hasta la estación E56, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 4.9 m.

**Estación E56-E57,** distancia: 421.5-450.6 m, visual: N 011°

En el intervalo de 426.6 a 450.6 m, aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. La actitud general de los estratos es N 295°, 30° NE (Figura 77).



**Figura 77.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E56 hasta la estación E57, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 24 m.

**Estación E57-E58**, distancia: 450.6-480.6 m, visual: N 01°

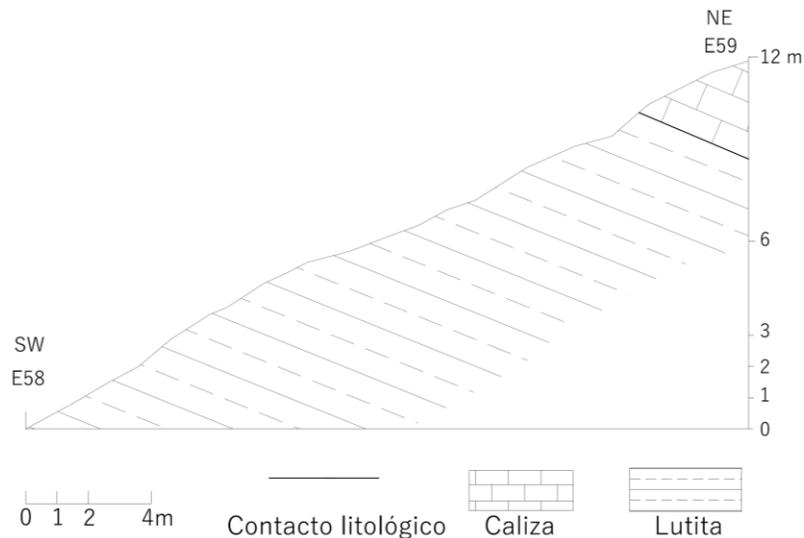
El intervalo 450.6-480.6 m está representado por un intervalo cubierto.

**Estación E58-E59**, distancia: 480.6-427 m, visual: N 07°

En el intervalo de 426.6 a 506.55 m, aflora un paquete homogéneo de lutita, el espesor varía de .005 a .01 m, de estratificación delgada, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. En contacto transicional con paquete homogéneo de caliza de estratos gruesos a masivos, paralelos y continuos, de coloración gris oscuro en superficie fresca y color gris claro en superficie intemperizada, con nódulos de pedernal en la base. La muestra colectada para este sector es M18 (Figura 78). La actitud general de los estratos es N 295°, 25° NE (Figura 79).



**Figura 78.-** Fotografía de campo de la Unidad VII, mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra M18, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.



**Figura 79.-** Perfil local de campo SW-NE de la estación E58 hasta la estación E59, mostrando el echado aparente. La longitud del afloramiento es de 25.95 m.

### 3.7 Sección geológica de campo VI (figura 7)

El método empleado para la colecta de datos del levantamiento 6, fue con puntos posicionados con GPS en donde se consideraron los mejores afloramientos para la toma muestra y actitudes estructurales. Los cuales fueron agrupados de acuerdo a la unidad que representan sin importar la secuencia numérica, organizados de la base a la cima (de la Unidad I a la Unidad VII), como se presentan a continuación:

#### **Puntos P1 – P2, P21 – P29, P31 – P32**

La litología de las rocas expuestas en estos puntos es: paquete heterogéneo de lutita con horizontes de arenisca calcárea, lutita arenosa, caliza arcillosa y caliza arenosa. Con estratificación delgada, paralela y continua. El espesor de la litología principal (lutita) es de 0.01 a 0.03 m, tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro a negro en superficie intemperizada. Mientras que el espesor del resto de las litologías varía de 0.03 a 0.15 m, los colores van de gris claro en superficie fresca y gris, amarillo ocre y tonos rojizos en superficie intemperizada. Todas las litologías mencionadas son agrupadas en la Unidad I (Figura 80A y 80B). La relación de datos estructurales y muestras colectadas son incluidas en el Anexo I.



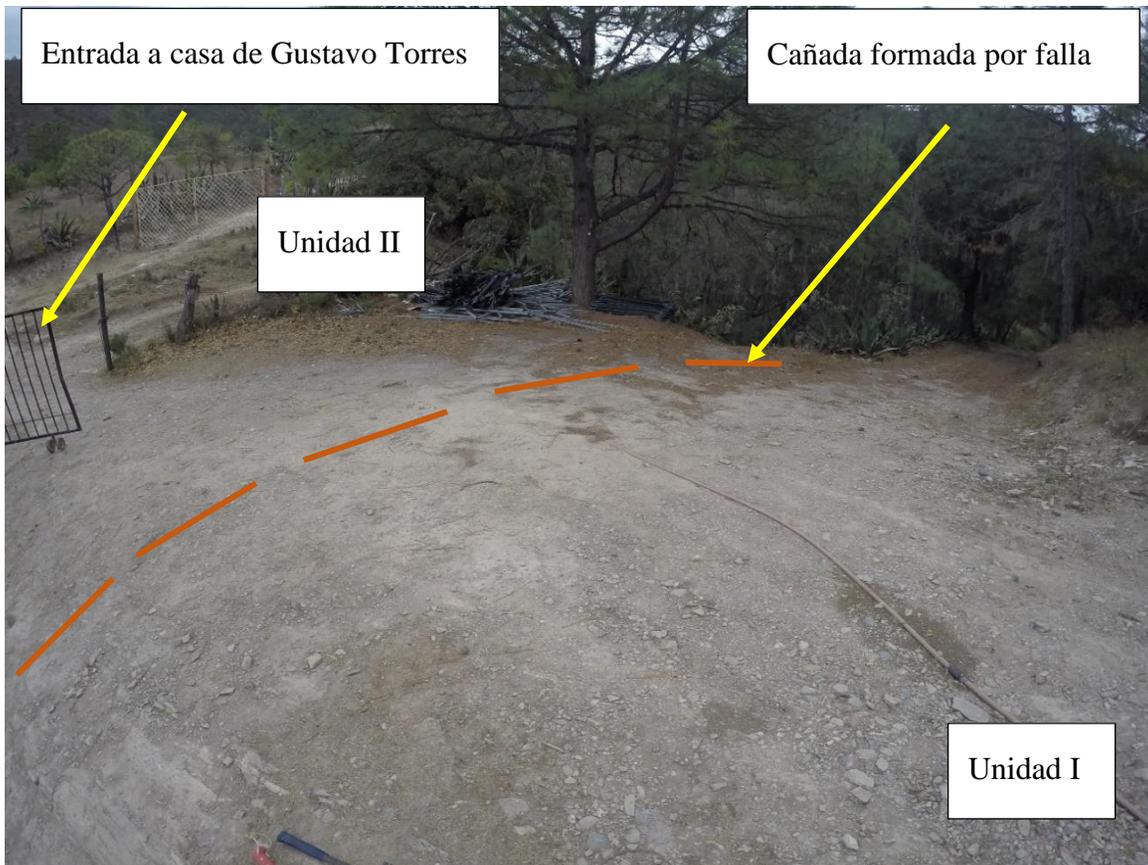
**Figura 80.-** Fotografías de campo de la Unidad I, mostrando los afloramientos donde se colectaron muestras, A: muestra 1, orientación de la fotografía SW – NE vista al SE; B: muestra 20, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW.

#### **Puntos P3, P7, P9, P40 – P42, P52 – P54**

La litología de las rocas expuestas en estos puntos es: paquete homogéneo de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es gris claro a amarillo claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. Los puntos descritos corresponden a la Unidad II (Figuras 81, 82, 83A, 83B, 83C y 83D). La relación de datos estructurales y muestras, en anexo I.



**Figura 81.-** Fotografía de campo de la Unidad I (derecha) y II (izquierda) mostrando el afloramiento donde se colectó la muestra 30. El recuadro color negro muestra el punto de referencia: casa de Gustavo Torres. La línea punteada color roja muestra la orientación de la cañada NE – SW, que separa las unidades I y II donde se interpretó una falla de rumbo. Orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.



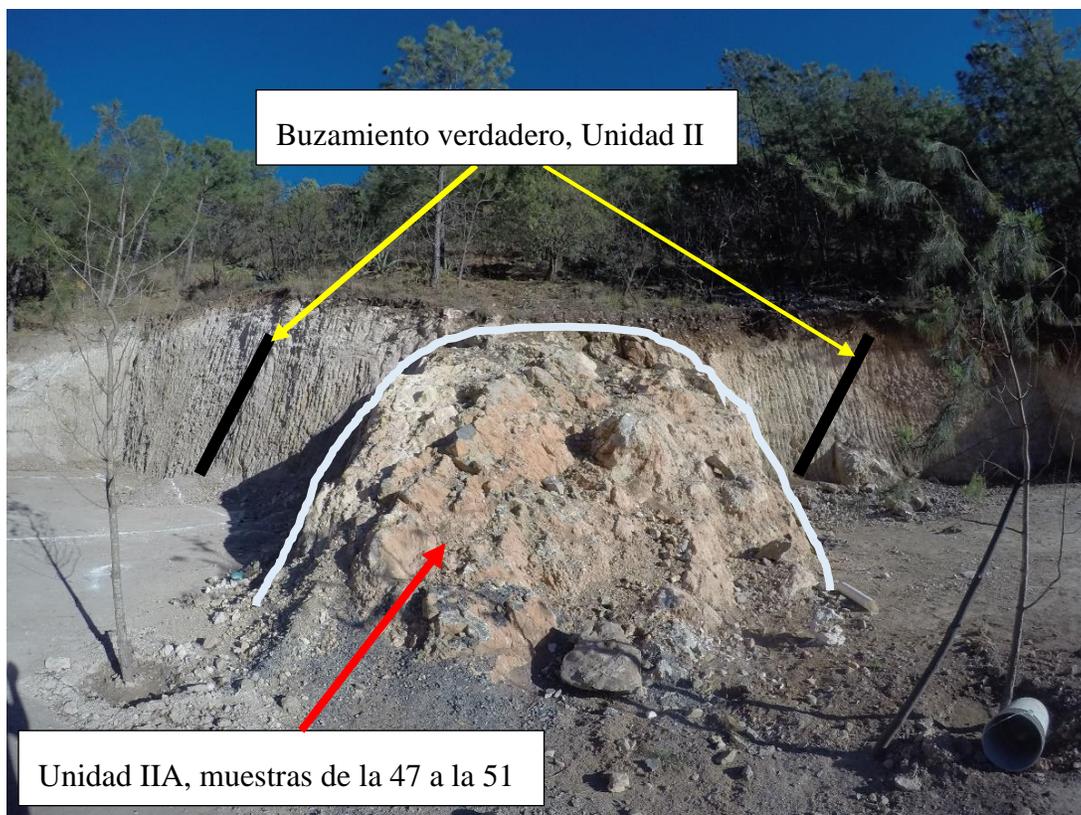
**Figura 82.-** Fotografía de campo mostrando el lugar donde se interpretó la yuxtaposición (línea punteada color roja) de unidades con contrastantes dominios paleogeográficos. Referencia: portón de entrada a casa de Gustavo Torres. Orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE, litología correspondiente a las unidades de I (derecha) y II (izquierda); orientación de la cañada SW – NE.



**Figura 83.-** Fotografías de campo de la Unidad II mostrando los afloramientos donde se colectaron muestras, A: muestra 40, orientación de la fotografía SW - NE vista al NW; B: muestra 32, orientación de la fotografía W - E, vista al N; C: muestras 44 y 45, orientación de la fotografía SW - NE, vista al NW; D: muestra 30, orientación de la fotografía W - E, vista al N.

### Puntos P4, P5, P8, P13, P35 – P37, P50B, P51, P55, P56

La litología de las rocas expuestas en estos puntos en la misma: paquetes homogéneos de caliza con estratificación masiva, no se reconocen planos de estratificación. El color de este paquete es gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca, esta descripción corresponde a la Unidad IIA (olistolitos 1, 2 y 3), véase figuras 84D (olistolito 1), 85A (olistolito 2) y 85B (olistolito 3). Se encuentra en contacto en todos sus flancos con un paquete de lutita calcárea con nódulos calcáreos, de estratos delgados, paralelos y continuos, color gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca, correspondiente a la Unidad II. Mientras que la litología descrita en los puntos arriba mencionados corresponde a la Unidad IIA. La relación de datos estructurales y muestras, en anexo I.



**Figura 84.-** Fotografía de campo de la Unidad IIA (olistolito 1) rodeada por la línea continua color blanca y señalado por la flecha color roja, lugar donde se colectaron las muestras 47, 48, 49, 50, 51. Y la Unidad II señalado por las flechas color amarillo; las líneas negras representan el buzamiento real, ya que las marcas que se observan en la pared del afloramiento corresponden a él raspado del brazo mecánica de una retroexcavadora. Orientación de la fotografía SE – NW vista al NE.



**Figura 85.-** Fotografías de campo de la Unidad IIA (olistolito) mostrando los afloramientos donde se colectaron muestras, A: muestra 28, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW; B: muestra 7, orientación de la fotografía SW – NE, vista al SE.

#### **Punto P44**

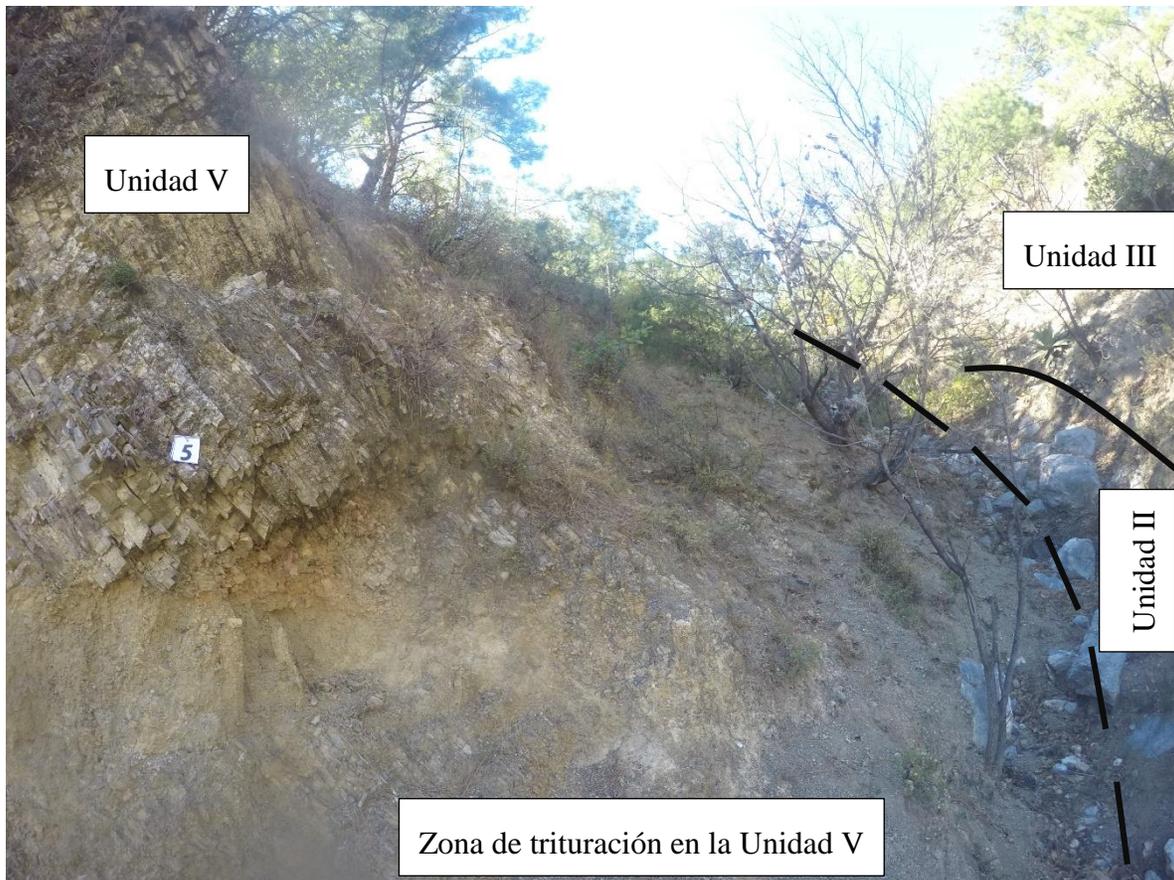
La descripción litológica de este punto es: paquete heterogéneo de lutita calcárea – caliza arenosa, el espesor de los estratos de lutita calcárea varía de entre 0.003 a 0.007 m, El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada; la estratificación es delgada paralela y continua. Por su parte la caliza arenosa tiene un espesor que va de 0.15 a 0.20 m, la litología es color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada, de estratificación mediana, paralela y continua. Dicha descripción es correspondiente a la Unidad III. La muestra colectada es la 35.

#### **Puntos P6, P11, P12, P48, P50.**

La litología de las rocas expuestas en estos puntos en la misma: paquetes homogéneos de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. Dicha descripción es correspondiente a la Unidad V (Figuras 86 y 87). La relación de datos estructurales y muestras, en anexo I.



**Figura 86.-** Fotografía de campo de la Unidad V, mostrando el afloramiento donde se colectaron las muestras 38 y 39, orientación de la fotografía SW – NE, vista al NW.



**Figura 87.-** Fotografía de la Unidad 5 (izquierda) y unidades II y III (derecha) en contacto por falla sobre la cañada señalada con la línea punteada color negra, orientada NW - SE. Sobre el afloramiento de la Unidad V se colectaron las muestras 4, 5 y 6.; la línea continua color negra señala el contacto entre las unidades II y III, orientación de la fotografía SW – NE vista al NW.

#### **Puntos P14, P16, P17, P19, P20.**

La litología de las rocas expuestas en estos puntos es la misma: un paquete homogéneo de caliza con estratificación mediana a gruesa, paralela y continua, el color de este paquete es gris claro en superficie intemperizada y color gris en superficie fresca. Dicha descripción es correspondiente a la unidad VII. Relación de datos estructurales y muestras en anexo I.



**Figura 88.-** Fotografía de campo de la Unidad VII, mostrando el lugar donde se colectaron muestras: A: muestra 10, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE; B: muestra 11, orientación de la fotografía NW – SE, vista al NE.

### **3.8 Sección geológica de campo VII (figura 7) (sección Gustavo Torres).**

A continuación se presentan los datos de campo recabados en la sección nombrada como “sección Gustavo”, los cuales fueron agrupados por unidades litológicas. Y graficados de manera general en la figura 117 de la base de datos en anexo II.

#### **Estaciones 0 – 4**

La descripción litológica de las estaciones es: paquetes homogéneos de lutita negra, con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. Dicha descripción es correspondiente a la Unidad V; las muestras colectadas son: CG0+5, CG0+8, CG1+5, CG1+9, CG2+2, CG2+9, CG3+3, CG3+6, (Figura 89).

#### **Estación 5**

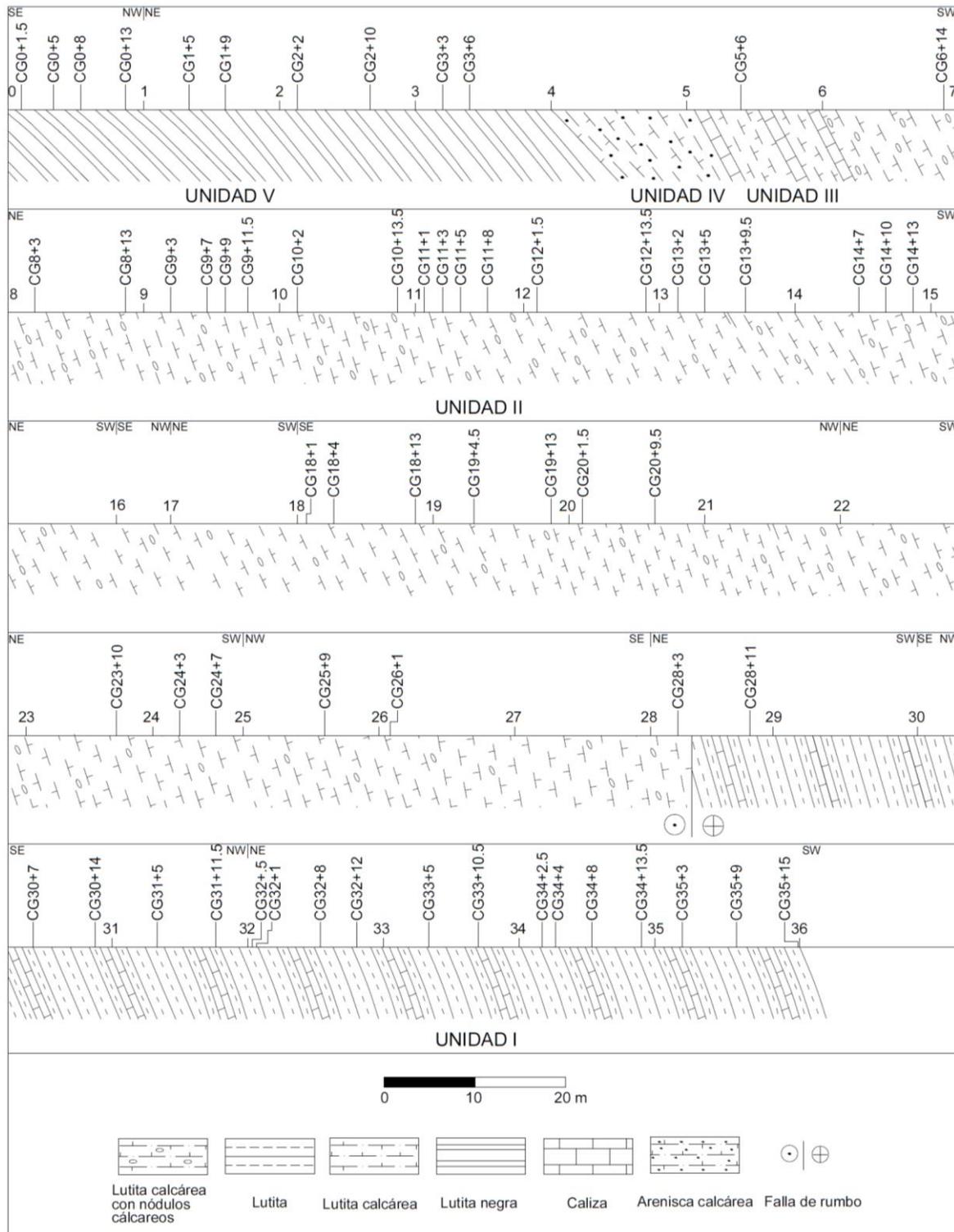
La descripción litológica de la estación es: paquete homogéneo de arenisca calcárea de grano fino, con estratificación mediana, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.1 a 0.3 m, el color de este paquete es amarillo ocre a rojizo en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca, dicha descripción corresponde a la Unidad IV, (Figura 89).

#### **Estaciones 6 – 28**

Afloran paquetes homogéneos de lutita calcárea con nódulos calcáreos, el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es gris claro a amarillo claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La litología descrita corresponde a la Unidad II, descritos corresponden a la Unidad II; las muestras colectadas son: CG6+11, CG7+11, CG9+7, CG9+9, CG9+11.5, CG10+2, CG10+13.5, CG11+1, CG11+8, CG12+13.5, CG13+2, CG13+5, CG13+9.5, CG14+7, CG14+10, CG14+13, CG18+4, CG18+13, CG19+4.5, CG19+13, CG20+1.5, CG20+9.5, CG23+10, CG24+3, CG24+7, CG25+5, (Figura 89).

## **Estaciones 29 - 36**

Estos puntos coinciden en la descripción litológica, las cuales son: paquetes heterogéneos de lutita – con horizontes de arenisca calcárea, lutita arenosa, caliza arcillosa y caliza arenosa. Con estratificación delgada, paralela y continua. El espesor de la litología principal (lutita) es de 0.01 a 0.03 m, tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro a negro en superficie intemperizada. Mientras que el espesor del resto de las litologías varia de 0.03 a 0.15 m, los colores van de gris claro en superficie fresca y gris, amarillo ocre y tonos rojizos en superficie intemperizada. Todas las litologías mencionadas son agrupadas en la Unidad I; las muestras colectadas son: CG30+7, CG30+14, CG31+11.5, CG32+.5, CG32+8, CG32+12, CG34+2.5, CG34+8, CG34+13.5, CG35+3, CG35+9, CG35+14, (Figura 89).



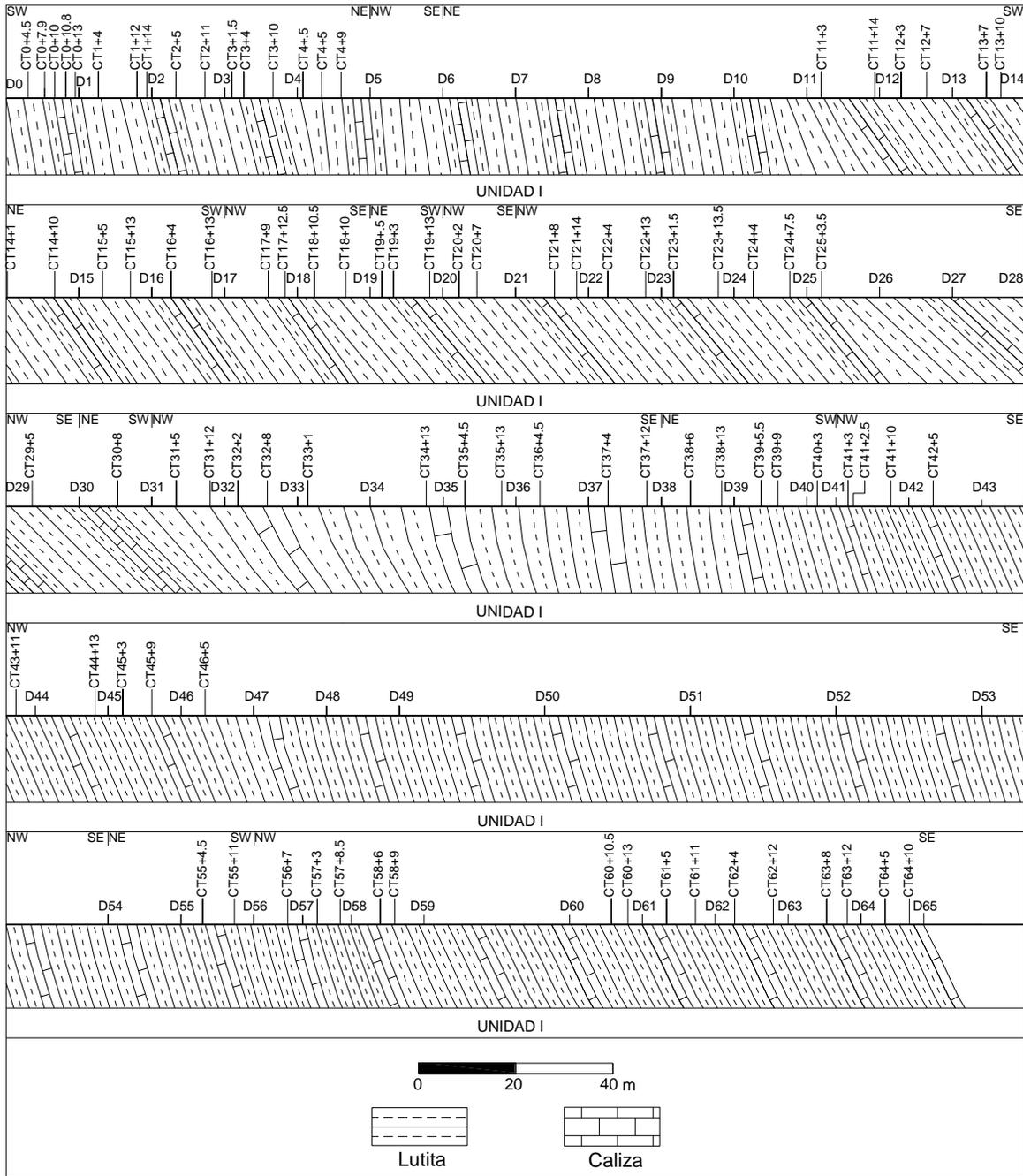
**Figura 89.-** Representación esquemática de la distribución de las estaciones, la litología y las actitudes estructurales del levantamiento estratigráfico – estructural 7.

### **3.9 Sección geológica de campo VIII (figura 7)**

A continuación se presentan los datos de campo recabados en la sección estratigráfica – estructural 8. También nombrada como “sección camino al Tejocote”. Esta sección se realizó con el fin de conocer a detalle las características petrológicas y contenido micropaleontológico de la Unidad I.

#### **Estaciones D0 - D65**

Estos puntos coinciden en la descripción litológica, las cuales son: paquetes heterogéneos de lutita – con horizontes de arenisca calcárea, lutita arenosa, caliza arcillosa y caliza arenosa. Con estratificación delgada, paralela y continua. El espesor de la litología principal (lutita) es de 0.01 a 0.03 m, tiene un color gris claro en superficie fresca y color gris oscuro a negro en superficie intemperizada. Mientras que el espesor del resto de las litologías varia de 0.03 a 0.15 m, los colores van de gris claro en superficie fresca y gris, amarillo ocre y tonos rojizos en superficie intemperizada. Todas las litologías mencionadas son agrupadas en la Unidad I, base de datos estructurales y muestras, en anexo III. (Figura 90).



**Figura 90.-** Representación esquemática de la distribución de las estaciones, la litología y las actitudes estructurales del levantamiento estratigráfico – estructural 8.

## **CAPÍTULO IV. UNIDADES LÍTICAS**

### **4.1 Método de descripción de unidades**

La sección expuesta en el flanco sur de la Sierra La Laguna fue estudiada de acuerdo al siguiente procedimiento:

La sección fue dividida en base a las unidades líticas observadas en campo. Estos paquetes litológicos se establecieron de manera independiente en campo en base a las observaciones obtenidas directamente de los afloramientos, ya que de acuerdo con los preceptos establecidos por el Código Norteamericano de Nomenclatura Estratigráfica (1961), las unidades litoestratigráficas deben establecerse de forma independiente de criterios biocronológicos o ambientales. De esta manera se establecieron unidades líticas en base a las características físicas tales como litología, tipo de estratificación, espesor de los estratos, color de superficie fresca e intemperizada, y expresión geomórfica, esto permitió reconocer esas unidades por criterios independientes y sin prejuicios dados por una adopción a priori de nombres formacionales, los cuales pueden no necesariamente reflejar la unidad representada en la localidad, estableciendo unidades litoestratigráficas de manera objetiva.

### **4.2 Unidades líticas reconocidas en la parte central de la Sierra La Laguna.**

Se reconocieron 7 paquetes líticos y un bloque de caliza masiva encajonado (Unidad IIA) dentro de la Unidad II. Las unidades fueron numeradas topográficamente de la base a la cima, como unidades I, II, IIA, III, IV, V, VI y VII.

- a) Las secciones fueron medidas utilizando el método de cinta y Brújula (Compton, 1962). El muestreo se realizó de forma sistemática y la travesía fue graficada en planta para obtener a partir de ella el espesor verdadero de cada unidad por medio del método gráfico (manual de ILICA). La medición se llevó a cabo de sur a norte, es decir de la base a la cima de la sierra.
- b) Se colectaron 188 muestras sumando todas las secciones realizadas, de las cuales son predominantemente arcillosas carbonatadas y arenosas.

### **4.2.1 Unidad I**

Esta unidad consiste de una secuencia heterogénea y monótona de lutita – caliza arcillosa y escasos horizontes de caliza arenosa con estratificación bien definida, delgada, paralela y continua. El espesor de los estratos de caliza arcillosa varía de 0.03 a 0.10 m, el color de esta litología es gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada; mientras que el espesor de los estratos de lutita varían de 0.01 a 0.03 m, son de aspecto laminadas, el color de este paquete es gris claro en superficie fresca y gris oscuro en superficie intemperizada. La unidad se encuentra expuesta entre las estaciones A0+0 - A23+5, D0+0 – D65+0, P21+0 – P28+0 y en las estaciones 28+5 - 36+0 del levantamiento 7, además en diversos puntos como: ER1, ER2, R14, R14B, R13, R15, R15B, P29, P31, P32, R5, y P1 (anexo IV).

Conforme se acerca a la cima de la unidad, incrementa en el espesor de los estratos de caliza arcillosa, a su vez disminuyendo la frecuencia de las mismas. El contacto inferior no está expuesto, mientras que el límite superior está en contacto por una falla lateral izquierda (Falla El Tejocote) con la Unidad II. En base los datos de la sección A – A', esta unidad tiene un espesor verdadero de 379.58 m. Mientras que en la sección B – B' – B'' tiene un espesor verdadero de 458.03 metros.

### **4.2.2 Unidad II**

La Unidad II consiste de una secuencia homogénea de lutita calcárea con abundantes nódulos calcáreos, los cuales van disminuyendo en abundancia conforme hacia la cima de la unidad; el espesor de los estratos varía de entre 0.003 a 0.007 m, la estratificación es delgada, paralela y continua. El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada. La unidad se encuentra expuesta en las estaciones A23+5 – A24, 0 – 10 (sección 2), E61 – E62+15, 6 – 28+5 (sección 7), y en diversos puntos como: P52, ER16, ER15, ER14, ER13, ER10, ER12, P54, P53, R9, R10, R11, R17, R16, R6, R1, R2, P3, P9 y P7.

El espesor verdadero de esta unidad en la sección A – A' es de 206.73 m. y en la sección C – C' es de 169.96 m.

Esta unidad contiene un bloque de caliza masiva, los cuales han sido nombrados de este a oeste: olistolito 1, 2 y 3 (anexo IV) los cuales son cortados en las secciones A – A' y B – B' – B''. Nótese la ausencia de esta bloque en parte este de la Sierra La Laguna. No aparece en la sección C - C', ya que dicho bloque se ve afectado por el movimiento de fallas de rumbo.

El contacto inferior está definido por la Falla el Tejocote con la Unidad I, mientras que el límite del contacto superior es transicional con la Unidad III, definido por la primera aparición de un horizonte de caliza arenosa de espesor 0.30 m, intercalados con lutita calcárea. .

#### **4.2.3 Unidad IIA**

Los olistolitos (Unidad IIA) se caracterizan por ser una de caliza masiva homogénea, de coloración gris en superficie fresca y en gris claro en superficies erosionadas. El espesor varía de entre 3 y 7 m. esta unidad forma una pared escarpada dado que las rocas que la rodean son más susceptibles al intemperismo y la erosión (lutita calcárea), sin embargo, en las partes bajas del terreno las calizas son cubiertas por aluvión, dando el aspecto de no ser continuo. La Unidad IIA se encuentra encajonada dentro de la Unidad II.

#### **4.2.4 Unidad III**

La Unidad III se caracteriza por una secuencia heterogénea de lutita calcárea – caliza arenosa, el espesor de los estratos de lutita calcárea varía de entre 0.003 a 0.007 m, El color de esta litología es café a gris claro en superficie fresca y café claro a amarillo claro en superficie intemperizada; la estratificación es delgada paralela y continua. Por su parte la caliza arenosa tiene un espesor que va de 0.15 a 0.20 m, la litología es color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada, de estratificación mediana, paralela y continua. La unidad se encuentra expuesta en las estaciones 10 – 12 (Sección 2), 5 – 6 (Sección 7) y en los puntos P18 y P44.

El espesor verdadero de esta unidad medido en la sección A – A' es de 19.86 m. Mientras que en la sección C – C' tiene un espesor de 11.04 m. El contacto inferior con la Unidad II es transicional y está definido por la primera aparición de un horizonte de caliza

arenosa de 15 cm de espesor. Mientras que el contacto superior con la Unidad IV es transicional y se define por la aparición de un paquete homogéneo de arenisca.

#### **4.2.5 Unidad IV**

La Unidad IV se caracteriza por un paquete homogéneo de arenisca calcárea de grano fino, con estratificación mediana, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.1 a 0.3 m, el color de este paquete es amarillo ocre a rojizo en superficie intemperizada y color gris oscuro en superficie fresca. La estratos son medianos paralelos y continuos. La unidad se encuentra expuesta en las estaciones 12 – 13 (Sección 2), E30+10 – E31 (Sección 5), 4+2 – 5+0 (Sección 7). Y en los puntos ER4 y ER18. El espesor verdadero medido en la sección A – A' para esta unidad es de 17.15 m. mientras que en la sección C – C' el espesor disminuye a 12.27 m.

El contacto inferior se da con la Unidad III y es transicional; al igual que el contacto superior con la Unidad V, el cual está definido por la aparición de un paquete de lutita negra.

#### **4.2.6 Unidad V**

La Unidad V se caracteriza por un paquete homogéneo de lutita negra con estratificación delgada, paralela y continua, el espesor de los estratos varían de 0.02 m a 0.04 m, el color de este paquete es gris oscuro superficie fresca y gris y amarillo ocre en superficie intemperizada, la característica principal de esta unidad es que cada estrato contiene laminaciones internas. Se encuentra expuesta en las estaciones: 13 – 17+11 (Sección 2), E0 – E30+10, 0 – 4+2 (Sección 7). Y en diversos puntos como: R7, R19, P50, P48, ER5, P45 y P46.

En la sección A – A' esta unidad tiene un espesor verdadero de 26.09 m. mientras que en la sección C – C' tiene un espesor verdadero de 21.95 m, sin embargo este espesor no está completo, porque la sección no corta la unidad completamente. El contacto inferior con la Unidad IV es transicional, al igual que el contacto superior con la Unidad VI, definido por la última ocurrencia de lutita negra y la aparición de una secuencia de lutita de estratos muy delgados con algunos horizontes de caliza arcillosa, arenisca calcárea y conglomerado.

#### **4.2.7 Unidad VI**

Esta unidad se caracteriza por un paquete heterogéneo de predominante lutita, además de algunos horizontes de arenisca calcárea y conglomerado de alternancia irregular. El espesor de la lutita varía de .005 a .01 m, de estratificación laminar, paralela y continua, color gris oscuro en superficie fresca y gris claro a rojizo en superficie intemperizada. En la estación E45+5 ocurre un horizonte de conglomerado polimíctico de estratos masivos y paralelos, color café oscuro en superficie fresca y tonalidades de gris claro, gris oscuro y amarillo ocre en superficie intemperizada, con un espesor 2.20 m.

A 68 m de distancia del contacto superior con la Unidad VII ocurre un estrato de 2.10 m de arenisca calcárea de grano grueso con contenido fósil macroscópico. Color gris oscuro en superficie fresca y amarillo ocre en superficie intemperizada.

En la sección A – A' la Unidad VI tiene un espesor verdadero de 268.89 m. El contacto inferior es transicional con la Unidad V, mientras que el contacto superior es transicional con la Unidad VII, definido por la aparición de un paquete homogéneo de caliza de estratos gruesos a masivos con nódulos de pedernal en la base.

#### **4.2.8 Unidad VII**

La Unidad IV de la Sierra La Laguna consiste de un paquete homogéneo de caliza de estratos gruesos a masivos, paralelos y continuos, de coloración gris oscuro en superficie fresca y color gris claro en superficie intemperizada, con nódulos de pedernal en la base.

Para esta unidad solo fue posible medir parte de la base, por lo que únicamente se conoce el contacto inferior con la Unidad VI. El espesor del intervalo medido en la sección A – A' de esta unidad es de 58 m. Cabe mencionar que debido a la complicada topografía no fue posible tomar datos de la unidad completa.

Esta unidad fue registrada entre las estaciones: C34, C37+9.1 – C40. B21+15.5 – B23, E58+24 – E59 y en diversos puntos como: P14, P16, P17, P19, P20 y R22.

### **4.3 Columna estratigráfica de la sección A – A´**

La columna de la sección A – A´ se ilustra en la figura 91, representa la sucesión estratigráfica comprendida en las estaciones P21 – P32, P36 – P37, R4 – R2, 2 - 17 (Sección 2) y C1 – C38 principalmente. La base de la sucesión corresponde a la Unidad I, en contacto por la Falla el Tejocote con la Unidad II. La Unidad II contiene un olistolito de caliza masiva en contacto discordante. El contacto entre las unidades II, III, IV, V y VI es transicional. El contacto entre las unidades VI y VII es concordante y abrupto, el cual está marcado por el cambio repentino de una sedimentación terrígena a una carbonatada.

Espesores verdaderos calculados con el método gráfico:

- Unidad I: 379.58 m.
- Unidad II: 206.73 m.
- Unidad IIA: varía entre 3 y 7 m.
- Unidad III: 19.86 m.
- Unidad IV: 17.15 m.
- Unidad V: 26.09 m.
- Unidad VI: 268.92
- Unidad VII: 58

El espesor total de la columna estratigráfica representada en la sección A – A´ es de 983.33 m, tomando en cuenta el espesor máximo de la Unidad IIA (7 m), figura 91.

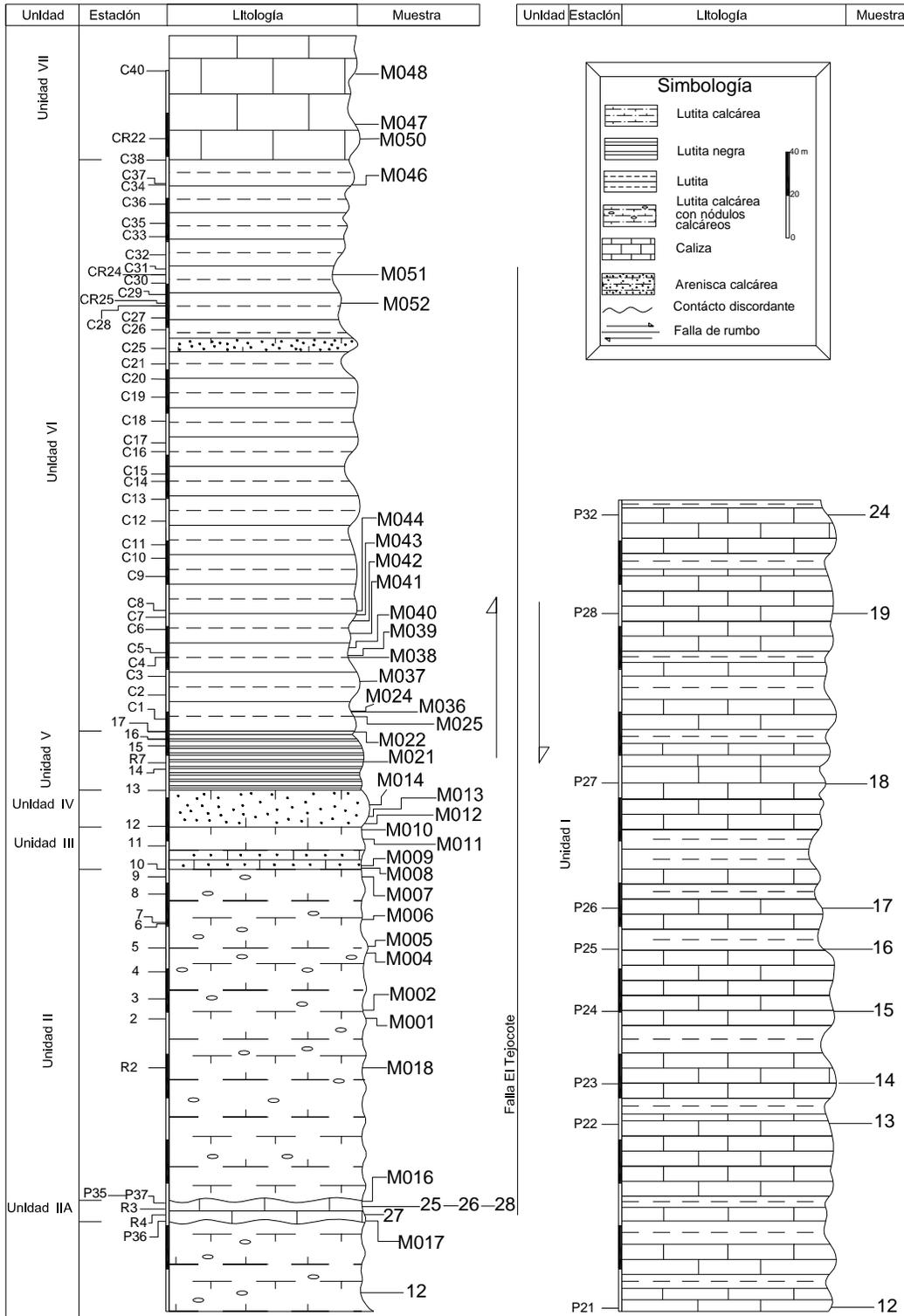


Figura 91.- Columna estratigráfica de la sección A – A'.

#### **4.4 Columna estratigráfica de la sección C - C'**

La columna estratigráfica representada en de la sección C – C' se ilustra en la figura 92, representa la sucesión estratigráfica comprendida en las estaciones D65 - D0 y 36 - 0 (Sección 7) principalmente. La base de la sucesión corresponde a la Unidad I, en contacto por la Falla El Tejocote con la Unidad II, seguida de un contacto transicional y concordante entre las unidades II, III, IV y V.

Espesores verdaderos calculados por medio del método gráfico:

- Unidad I: 356.51 m.
- Unidad II: 169.96 m.
- Unidad II: 11.04 m.
- Unidad IV: 12.27 m.
- Unidad V: 23.45 m.

El espesor total de la columna C – C' es de 573.23 m (Figura 92). Dentro de la Unidad I existe un intervalo cubierto de 99.8 m, del cual se infiere que corresponden a la misma unidad (Figura 92).

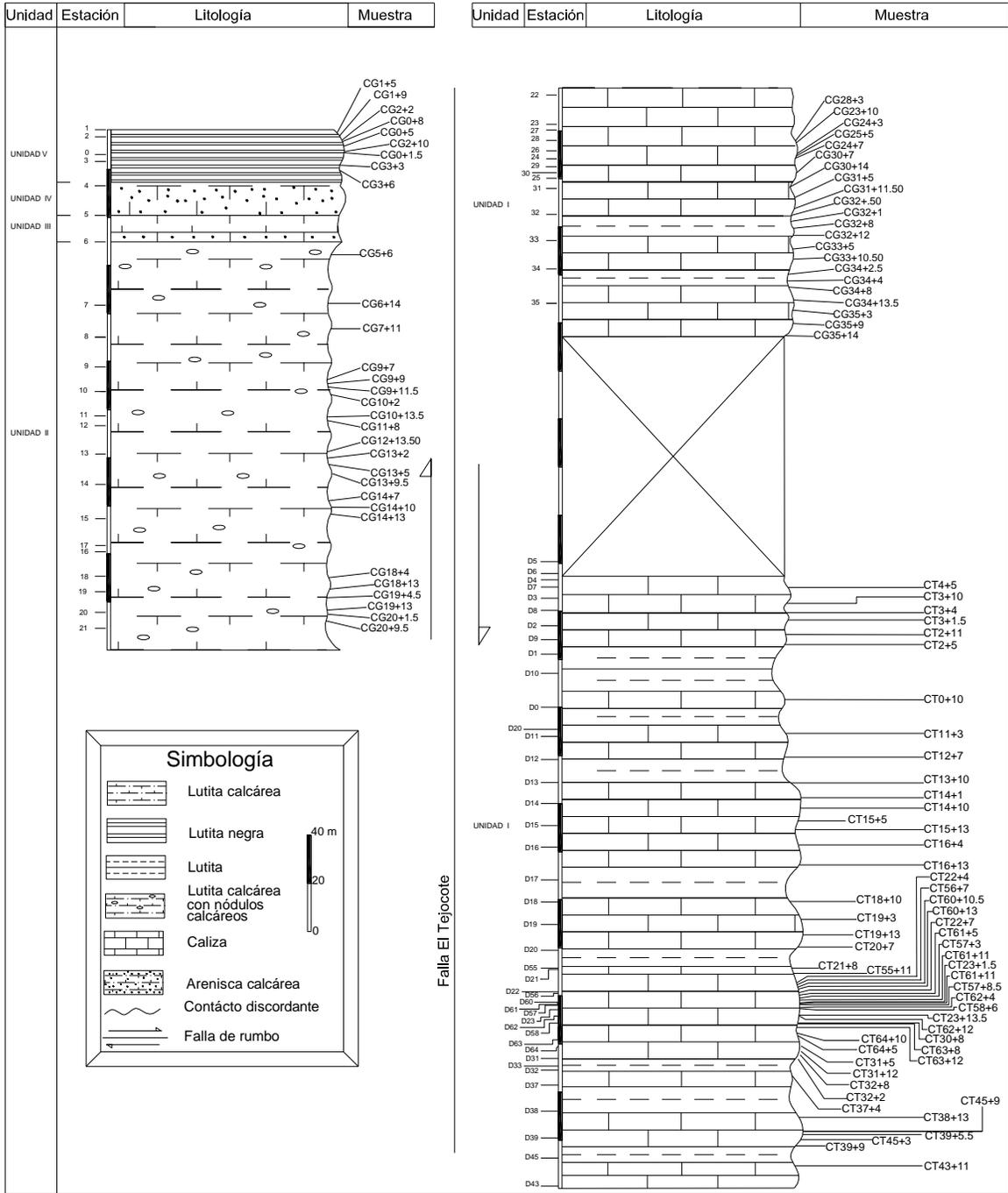


Figura 92.- Columna estratigráfica de la sección C – C'.

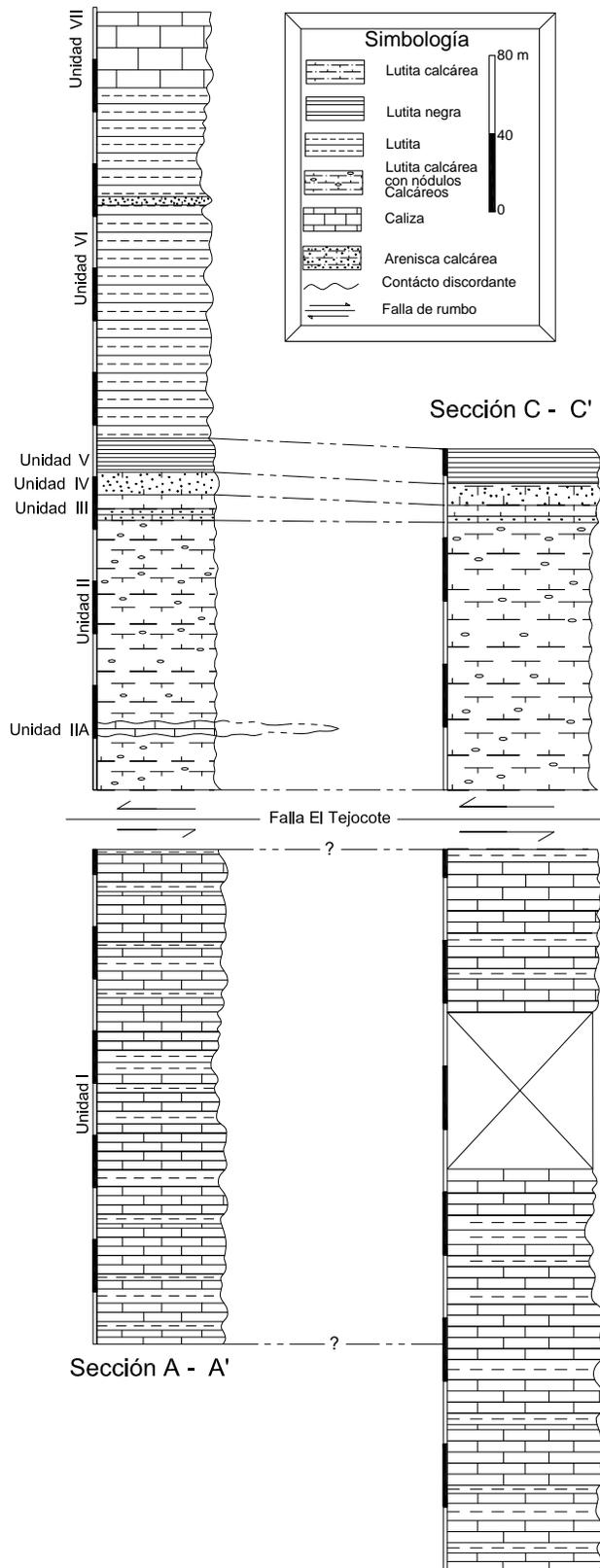
#### **4.5 Correlación de las secciones A – A' y C - C'**

Las secciones estratigráficas A – A' y C - C' cortan completamente las unidades II, III, IV y V y parcialmente la Unidad I. En el caso de las unidades VI y VI únicamente son interceptadas por la sección A – A'.

Debido a la ubicación de las secciones, la Unidad I tiene un espesor mayor en la sección C – C', El contenido faunístico general de la Unidad I esta mejor conservados en la sección C – C', dificultándose su identificación en la sección A – A', es por esta razón que la correlación de esta unidad queda en duda, a pesar de que litológicamente la Unidad I es similar en ambas secciones (Figura 93).

La Unidad II mantiene características similares en ambas secciones, con excepción de un rasgo geológico muy peculiar, es decir, la Unidad II encajona un olistolito de caliza masiva (Unidad IIA) dentro de la sección A – A', el cual se acuña y desaparece hacia el SE, por lo que en la sección C – C' la Unidad IIA no aparece.

Las unidades III, IV y V afloran completamente en ambas secciones, pero su espesor disminuye hacia el SE de la Sierra la Laguna.



**Figura 93.-** Correlación de las secciones A – A' y C - C'.

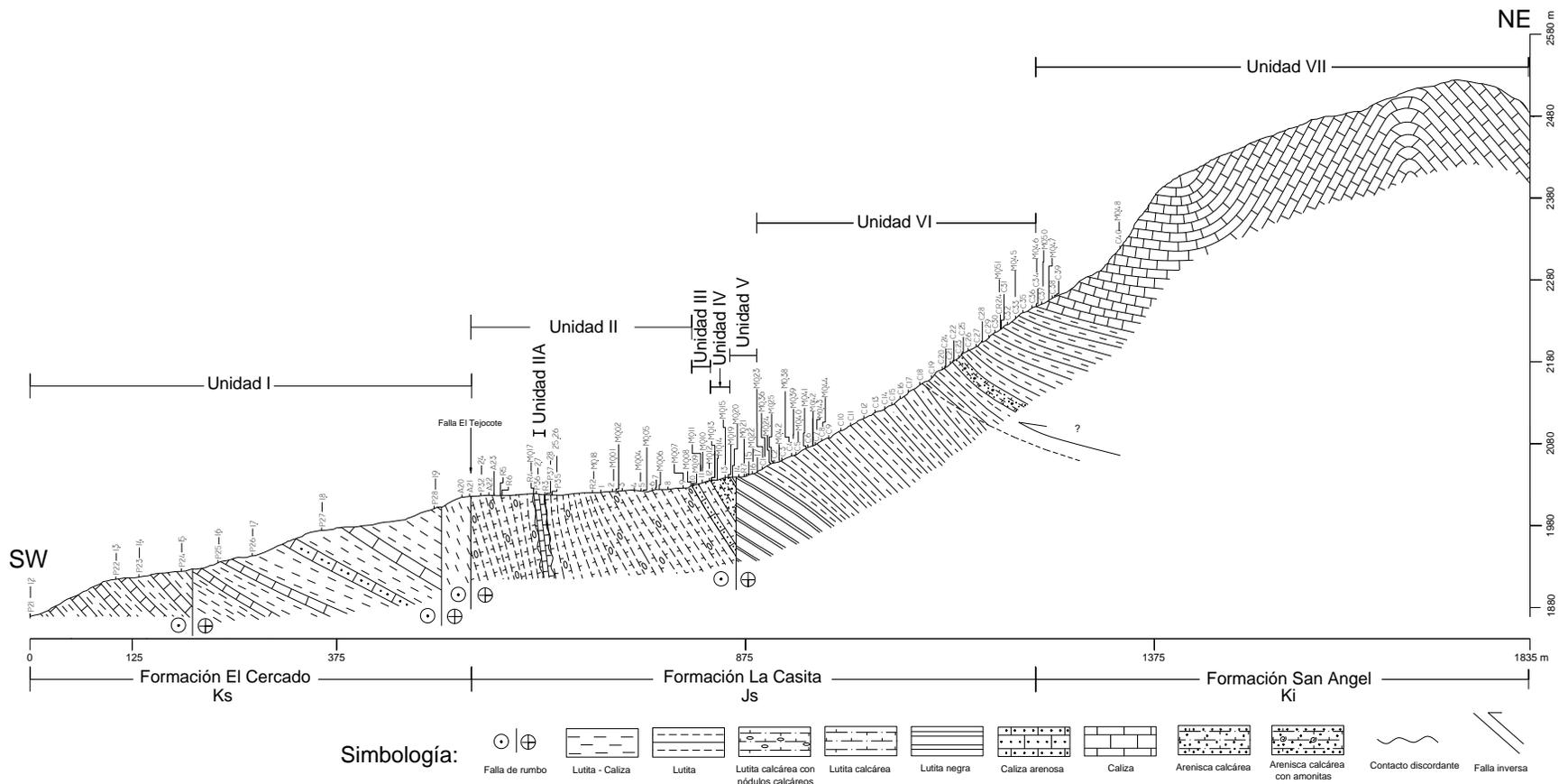
## **CAPÍTULO V. SECCIÓN ESTRUCTURAL**

La sucesión estratigráfica expuesta a lo largo del flanco sur de la Sierra La Laguna, entre la comunidad de Laguna de Sánchez y El Tejocote, fue interpretada en base a las observaciones de campo asociadas a la actitud de los estratos y expresión geomorfológica. Dado que el proyecto fue realizado en distintas fechas de trabajo de campo, se llevaron a cabo un total 8 levantamientos estratigráficos – estructurales. A partir de los cuales se realizaron 3 secciones estratigráfico-estructurales, estas son: sección A – A', B – B' – B'' y C – C' (Figuras 94, 95 y 96 respectivamente).

### **5.1 Sección estructural A – A'**

La sección estructural A – A' (Figura 94) tiene una diferencia de altura de 662.33 m. correspondiente a la diferencia que existe entre los 1861.83 m.s.n.m. de la base hasta los 2524.17 m.s.n.m. del punto más alto de la sección. La longitud de la sección es de 1879.74 m. Para la elaboración de la sección estructural A – A' se proyectaron perpendicularmente a la línea de sección las muestras y estaciones más cercanas a la línea de sección. Así mismo la sección A – A' pasa a través de los levantamientos 1, 2, 3 y 4; cortando de la base a la cima, las 8 unidades líticas que conforman la Sierra La Laguna.

Para la elaboración de esta sección se tomaron en cuenta los datos estructurales, las unidades líticas definidas en campo, las muestras colectadas y como punto de referencia se dan las estaciones. La sección estructural A - A' está orientada SW – NE, sub-paralela a la gran mayoría de las direcciones del echado de los estratos. Aunque en algunos casos la sección corta de manera oblicua la dirección del echado de los estratos, en cuyos casos se calculó el echado aparente con el uso del método trigonométrico.

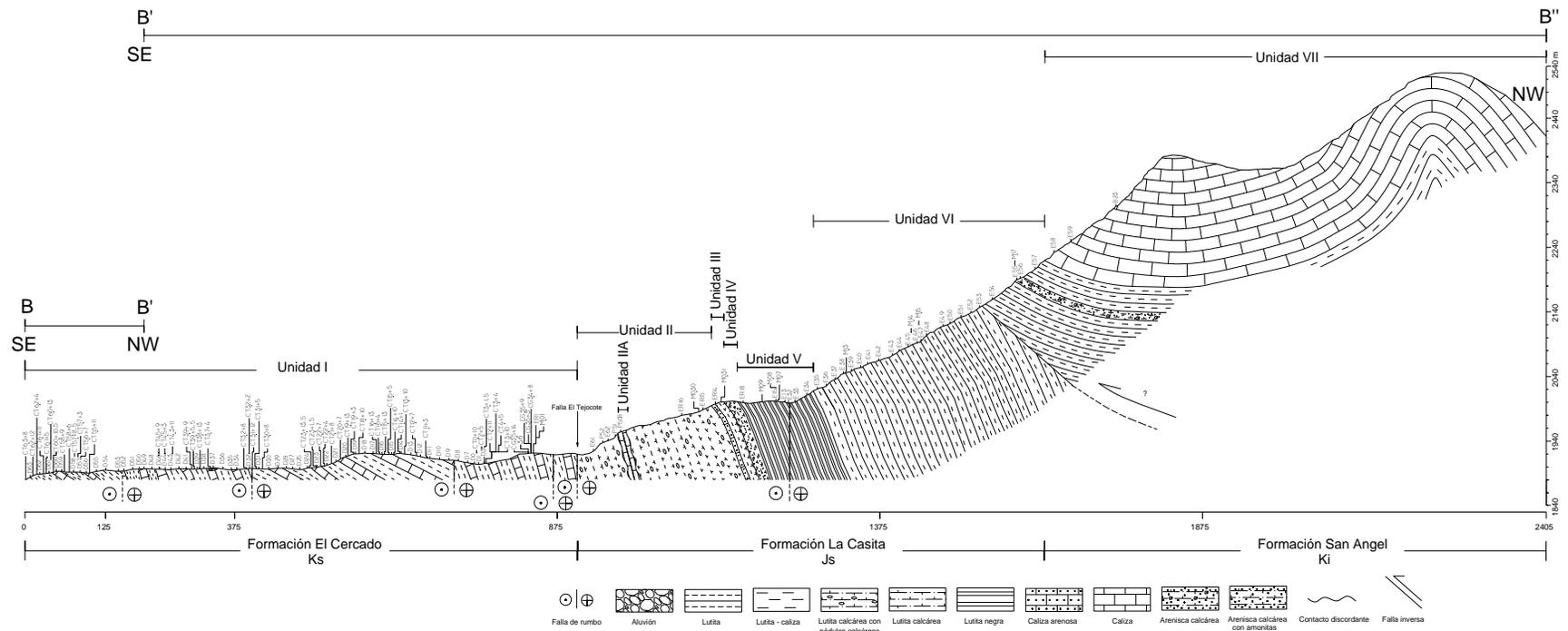


**Figura 94.-** Sección geológica A – A’ en la parte central de la Sierra La Laguna, orientación del perfil SW – NE. Explicación de numeración de estaciones y muestras: levantamiento 1, estaciones: A1, A1, A3. Levantamiento 2, estaciones: 1, 2, 3... radiales R1, R2, R3... muestras: M001, M002, M003. Levantamiento 3, estaciones: C1, C2, C3... muestras: M004, M005, M006 (continuación de secuencia del levantamiento 2). Levantamiento 6, estaciones: P1, P2, P3... muestras: 1, 2, 3...

## **5.2 Sección estructural B – B' – B''**

La sección estructural B – B' – B'' (Figura 95) tiene una diferencia de altura de 660.87 m. correspondiente a la diferencia que existe entre los 1890 m.s.n.m. de la base contra los 2550.87 m.s.n.m. del punto más de la sección. Tiene una longitud de 1875 m. Para la construcción de la sección estructural B – B' – B'' se proyectaron perpendicularmente a la línea de sección las muestras y estaciones más cercanas a la línea de sección. Así mismo la sección pasa a través de los levantamientos 5, 6, 7, 8 cortando de la base a la cima las 7 de las 8 unidades que conforman la Sierra La Laguna.

Para la elaboración de esta sección se tomaron en cuenta los datos estructurales, las unidades líticas definidas en campo, las muestras colectadas y como punto de referencia se muestran las estaciones. La sección está orientada NW – SE, sub-paralela a la gran mayoría de las direcciones del echado de los estratos. Aunque en algunos casos la sección corta de manera oblicua la dirección de echado, en cuyos casos se calculó el echado aparente con el uso del método trigonométrico (Figura 95).



**Figura 95.-** Sección geológica B – B’ - B’ en la parte central de la Sierra de La Laguna, orientación del perfil NW - SE. Explicación de numeración de estaciones y muestras: levantamiento 4, estaciones: B1, B2, B3. Levantamiento 5, estaciones: E1, E2, E3... radiales: ER1, ER2, ER3... muestras M01, M02, M03. Levantamiento 6, estaciones: P1, P2, P3... muestras: 1, 2 3. Levantamiento 7, estaciones: 1, 2, 3... muestras: CG1+0, CG2+0, CG3+0. Levantamiento 8, estaciones: D1, D2, D3... muestras: CT1+0. CT2+0, CT3+0.

### **5.3 Sección estructural C – C’**

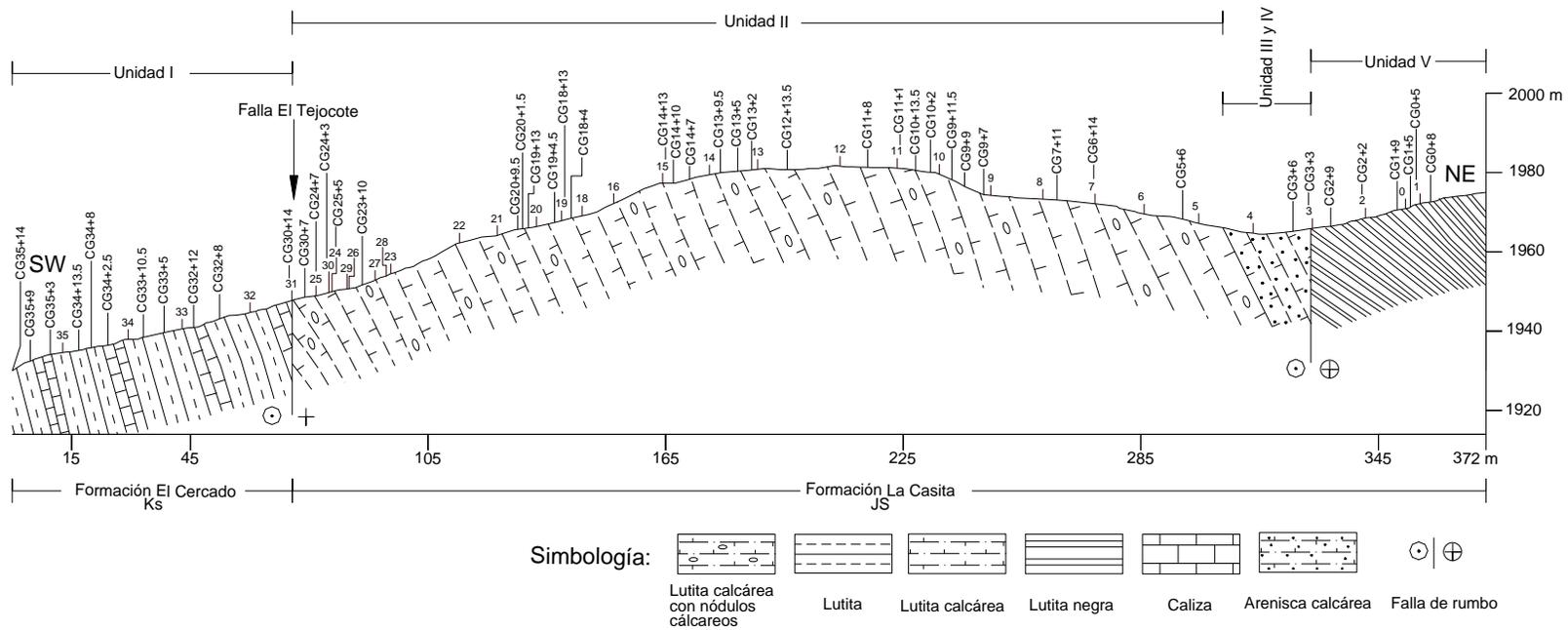
La sección estructural C – C’ (Figura 96) tiene una diferencia de altura de 51.72 m, correspondiente a la diferencia que existe entre los 1930 m.s.n.m. de la base contra los 1981.72 m.s.n.m. del punto más de la sección. Tiene una longitud de 372 m.

La sección estructural C – C’ fue elaborada con los datos de las muestras y estaciones de la sección 7, se tomaron en cuenta los datos estructurales, las unidades líticas definidas en campo, las muestras colectadas y como punto de referencia se dan las estaciones.

Esta sección corta 5 de las 8 unidades líticas que conforman a la Sierra La Laguna, topográficamente de la base a la cima a 3 de ellas, unidades II, III y IV y parcialmente a 2 de ellas, unidades I y V. La sección está ubicada en el flanco SE de la Sierra La Laguna a lo largo de una desviación de la carretera rural que conecta a las comunidades Laguna de Sánchez y el Tejocote.

Para una mejor visualización del esquema de la sección C – C’, se agruparon las unidades III (caliza arenosa – lutita calcárea) y IV (arenisca calcárea) en una sola litología representada como “arenisca calcárea” en la figura 95.

Esta sección se realizó con la intención de obtener mejor detalle en la visualización de la relación estratigráfica - estructural entre las unidades I – II y IV – V, dado que estas zonas son cruciales para tener un mejor entendimiento de la historia geológica de la sierra en cuestión.



**Figura 96.-** Sección geológica C - C' en la parte SE de la Sierra La Laguna, orientación del perfil SW – NE. Explicación de numeración de estaciones y muestras: Levantamiento 7, estaciones: 1, 2, 3... muestras: CG1+0, CG2+0, CG3+0.

## 5.4 Estructura geológica

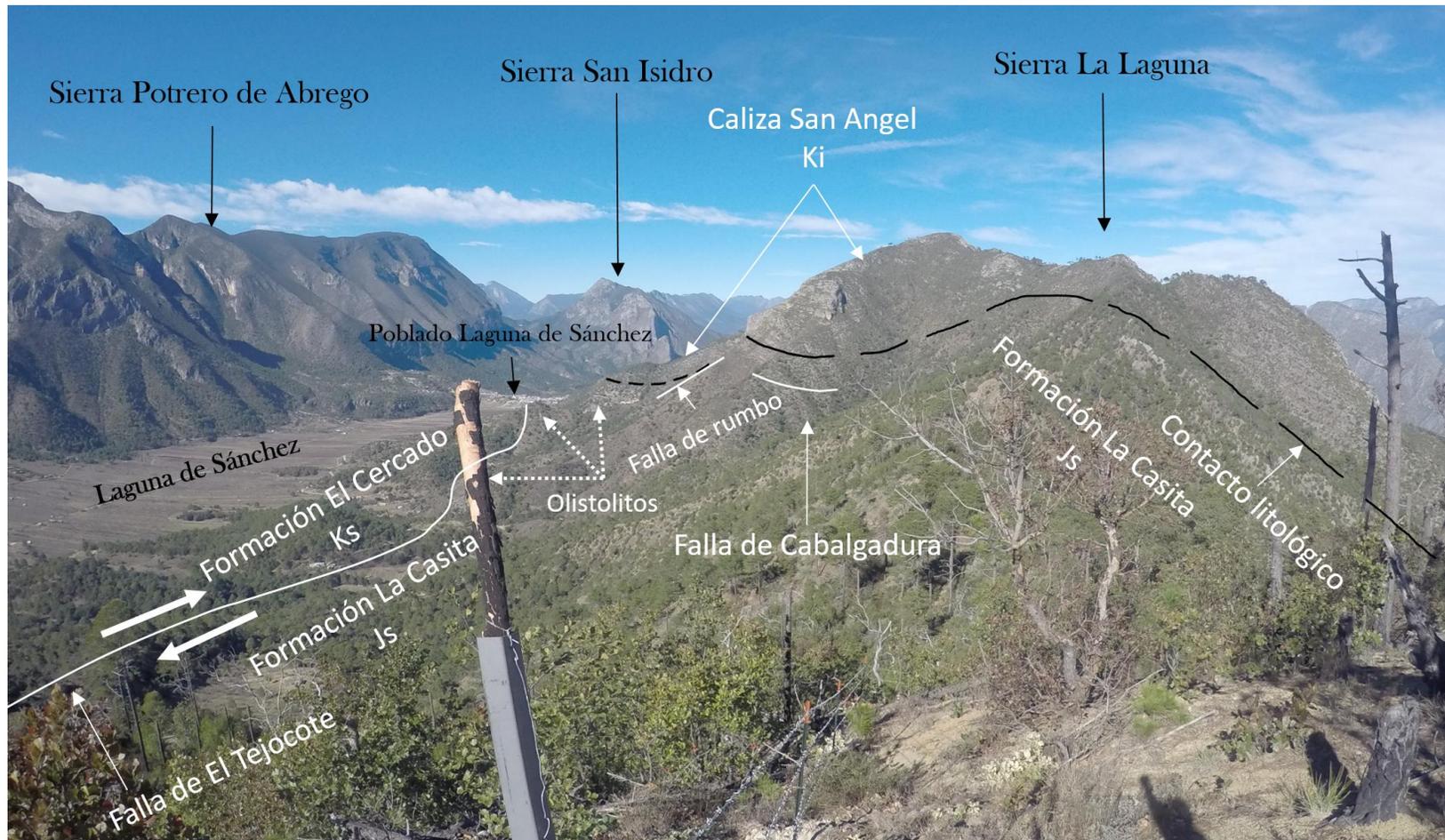
La interpretación de la estructura geológica que conforma la Sierra La Laguna fue realizada en base a criterios objetivos e independientes como lo son las observaciones realizadas en campo, imágenes satelitales, fotografías de campo, así como el reconocimiento y posición estratigráfica de unidades líticas con contenido de micro y macro fósiles. Se trata de establecer la estructura geológica sin prejuicios dados por una adopción a priori de modelos tectónicos.

La Sierra La Laguna es una estructura alargada de aproximadamente 7 km de longitud y aproximadamente 3 km de ancho; cortado en el extremo NW por el Cañón de La Boca; en el extremo SE de la Sierra La Laguna se encuentra la transición con la Sierra de Mauricio. La orientación general del rumbo de las actitudes estructurales en la Sierra La Laguna es SE – NW con dirección del echado NE. De acuerdo con la interpretación de las orientaciones de los estratos que se observan en las Figuras 94, 95, 96, 97, y Anexo IV se evidencian dos estructuras geológicas asociadas: un anticlinal cerrado en la parte norte, orientado NW - SE, seguido de un sinclinal abierto ligeramente volcado, en la parte sur, orientado NW – SE; estas dos estructuras son los rasgos fisiográficos más sobresaliente de la Sierra La Laguna, ubicadas en el extremo NE y NW de las secciones estructurales A – A' y B – B' – B'' respectivamente (Figuras 94 y 95). El núcleo del anticlinal está formado por la Formación La Casita (unidades II, III, IV, V, VI). El núcleo del sinclinal, está conformado por la Caliza San Angel (Unidad VII) formando grandes acantilados escarpados.

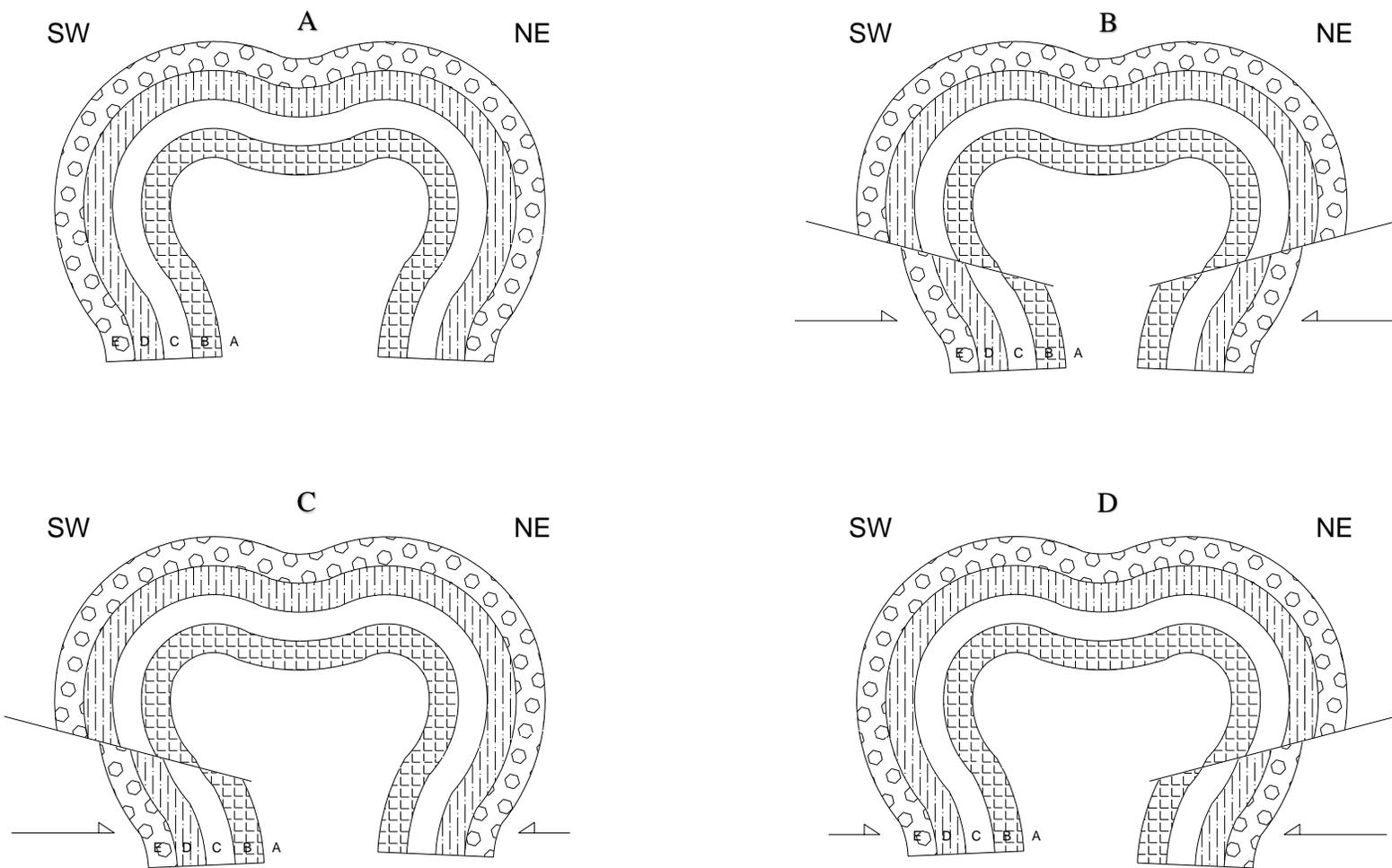
En base a los datos obtenidos en campo, de los cuales destacan: la estación E53 – E54 de la sección 5 (Figuras 73 y 95) se infiere una falla de cabalgadura o inversa local, ya que es notorio el cambio en la intensidad del echado, ya que existe una diferencia mayor a 20°, entre las actitudes N 273°, 64° NE y N 285°, 43° NE. Siendo la litología muy similar entre sí a lo largo de dicho intervalo. A partir de ese punto la intensidad del echado va disminuyendo progresivamente hasta los 9° en la base del acantilado formado por la Unidad VII. De acuerdo a lo anterior la falla de cabalgadura tiene una vergencia hacia el SW. Además de ésta, se identificaron anomalías estructurales interpretadas como una familia de fallas de rumbo, dentro de ellas destaca una muy evidente, observada en campo, imágenes de satélite y fotografías de campo, nombrada como “Falla El Tejocote”.

La Falla El Tejocote fue corroborada con el análisis de láminas delgadas de la Unidad I contra el contenido fósil macroscópico de la Unidad II. La Morfotectónica que genera es muy clara además de la yuxtaposición de litologías con dominios paleogeográficos diferentes. La orientación general del rumbo de las actitudes estructurales en la Sierra La Laguna es SE – NW con dirección del echado al NE.

Tomando en cuenta los detalles antes mencionados, se infiere que la Sierra La Laguna es el flanco erosionado de un pliegue en caja con los ejes orientados NW - SE, cortado por una falla de inversa con vergencia al SW, tal como se muestra en el esquema de la figura 98C.



**Figura 97.-** Fotografía panorámica de campo de la Sierra La Laguna, orientada SE – NW con vista al SW. Línea punteada color negro señala el contacto litológico entre la Formación La Casita (unidades, II, III, IV, V y VI) y la Caliza San Angel (Unidad VII). Líneas continuas color blanco señalan 3 fallas, de las cuales dos corresponden a fallas de rumbo y una a falla de cabalgadura. La falla de rumbo de mayor longitud (Falla el Tejocote) yuxtapone las formaciones El Cercado (Unidad I) y La Casita (unidades II, III, IV, V y VI). Flechas punteadas color blanco señalan los olistolitos. Flechas negras señalan referencias geográficas.



**Figura 98.-** Esquema idealizado de pliegues en caja, estructuras geológicas típicas en la región, los 4 ejemplos representan los posibles escenarios de ruptura, de acuerdo a la intensidad y dirección de los esfuerzos. La dirección SW – NE, fue usada respondiendo a la orientación de la falla de cabalgadura y de la Sierra La Laguna.

## CAPÍTULO VI. LITOCORRELACIÓN

### 6.1 Unidad I

La Unidad I descrita en el presente trabajo, es divisible en dos unidades, los primeros 250 m, están constituidos por una secuencia heterogénea y monótona de lutitas intercaladas con calizas arcillosas muy carbonosas, color gris oscuro en superficie fresca y negro al intemperismo, y escasos horizontes delgados de caliza arenosa. Los cuales corresponden a las unidades B y C de la Formación El Cercado, propuesta por Longoria & Dávila (1979), quienes, atendiendo a lo estipulado el Código de nomenclatura estratigráfica de 1961, incluyen en la Formación El Cercado a una secuencia monótona, alternante de calizas, margas y lutitas en estratos delgados que sobreyacen a la Formación Méndez.

Los siguientes 208.03 m descritos en este trabajo, corresponden a una secuencia heterogénea de paquetes gruesos de lutita calcárea muy carbonosa, intercalada con horizontes medianos (10 a 30 cm) de caliza arenosa color gris claro y amarillo ocre a pardo rojizo en superficie intemperizada, los cuales corresponden a la parte media de la Formación El Cercado, concretamente las unidades D y E, descritos por Longoria et al. (1979).

De acuerdo al análisis petrográfico, esta unidad está compuesta por 2 grupos de caliza, micritas fosilíferas, y micritas carbonosas. Presentes de forma variable a lo largo de la sección. Los aloquímicos observados en las micritas fueron: foraminíferos planctónicos, foraminíferos bentónicos, fragmentos de moluscos y fragmentos de ostrácodos. Acompañando a los granos antes mencionados, se encontraron cantidades variables de terrígenos, principalmente cuarzo. La materia carbonosa (sapropélica) es abundante en la mayoría de las muestras.

Todo el conjunto faunístico identificado: *Globotruncana ara*, *Globotruncana hilli*, *Globotruncana laparenti*, *Globotruncana bullodis*, *Globotruncana fornicata*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncanita elevata*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Heterohelix globulosus*, *Heterohelix sp*, *Pseudotextularia elegans*, permite asignarle a la Unidad I, es decir a la Formación El Cercado, un rango cronoestratigráfico que va del Campaniense al Maastrichtiense Inferior.

## 6.2 Unidades II, IIA, III, IV, V, VI y VII

Las unidades II, IIA, III, IV, V y VI son aquí agrupadas en un solo paquete lítico por ser unidades relacionadas litológicamente y por formar paquetes poco potentes en la mayoría de los casos (unidades IIA, III, IV, y V). Estas litologías variadas (Capítulo IV) son litocorrelacionadas de la siguiente manera:

La Unidad II (206.76 m) corresponde a la parte media de la Formación La Casita descrita en el Cañón La Casita, en la sierra de Parras, Coahuila, por Longoria & Clowes (1999). Muy cerca de la base de la Unidad II, resalta un horizonte de caliza masiva cuyo espesor varía de 3 a 7 m, de coloración gris en superficie fresca y en gris claro en superficie erosionada. Morfológicamente esta unidad forma una pared escarpada dado que es una roca muy resistente y las rocas que lo encajonan son friables.

Las unidades III, IV, V y VI (total 332.34 m) son litocorrelacionables con las unidades D y E de la Formación La Casita, detalladas por Longoria et al. (1979).

De acuerdo al análisis petrográfico de las 5 unidades agrupadas, se clasifican 3 grandes grupos, micritas, micritas carbonosas, y micritas arenosas. Todos ellos repartidos de forma variable en la sección. Los aloquímicos encontrados son radiolarios nacelaridos y fragmentos de moluscos pteropodos. Además de cantidades variables de terrígenos, como cuarzo y feldespatosódico. La materia carbonosa (sapropélica) está presente a partir de la Unidad III, en cantidades variables llegando a ser abundante en la Unidad V. Las unidades II y VI son relativamente ricas en megafósiles, sobre todo de cefalópodos. Los cefalópodos de la Unidad II se encuentran contenidos en nódulos calcáreos. Mientras que los de la Unidad VI, están en la mayoría de los casos, fosilizados en forma de impresiones, lo que dificulta y en muchos casos impide su determinación taxonómica.

En la Unidad II se identificaron las amonitas: *Aspidoceras* sp, *Aulacosphinctoides* sp, *Glochiceras* sp, que son indicativos del Kimmeridgiense. En la Unidad VI se identificaron las amonitas: *Kossmatia* sp (Titoniense Superior) y *Virgatosphillctes* sp (Titoniense)

Todo el conjunto faunístico determinado indica que las unidades II, III, IV, V y VI de la Sierra La Laguna tienen un rango cronoestratigráfico del Kimmeridgiense al Titoniense.

### **6.3 Unidad VII**

Para la Unidad VII, la complicada topografía y las altas elevaciones, solo permitió la descripción y muestreo de los primeros 58 m de la unidad. Está constituida por una secuencia homogénea y monótona de calizas compactas de estratos gruesos a masivos, color gris oscuro superficie fresca y gris claro en superficie intemperizada, contiene escasos nódulos de pedernal en la base. Esta unidad corresponde a las unidades A y B de la Caliza San Angel, descrita por Longoria et al. (1979).

De acuerdo al análisis petrográfico, las rocas de la Unidad VII son predominantemente micritas. Los aloquímicos encontrados son radiolarios calcificados, abundantes calpionelidos y fragmentos de pterópodos. Los terrígenos encontrados son fragmentos de cuarzo, pedernal, y feldespato sódico. De acuerdo al conjunto faunístico identificado, la Unidad VII tiene un rango cronoestratigráfico del Berriasiense al Valanginiense.

## **CAPÍTULO VII. AMBIENTE DE DEPÓSITO**

El presente capítulo describe la interpretación de los ambientes de depósito de cada una de las unidades líticas que conforman la Sierra La Laguna, a partir del análisis petrográfico y el la identificación de fósiles. La interpretación se realizó cronológicamente, es decir, del más antiguo al más joven, como sigue a continuación:

### **7.1 Unidades II, IIA, III, IV, V y VI (Formación La Casita)**

De acuerdo al tipo y variedad de rocas que conforman este conjunto de unidades líticas indica que el depósito se llevó a cabo en aguas moderadamente profundas (probablemente batial superior), evidenciado por trazas de radiolarios calcificados. Esto a partir de la Unidad II, constituida de lutita calcárea con nódulos calcáreos, conteniendo en la mayoría de los casos fósiles megascópicos, principalmente cefalópodos. Ésta unidad cambia transicionalmente hacia las litologías de la unidades III y IV constituidas por lutitas calcáreas con horizontes de caliza arenosa y arenisca calcárea, lo que probablemente indica periodos

de inundaciones repentinas, provocadas por cambios climáticos cercanas al lugar de depósito. Seguido a estas unidades se encuentra la Unidad V, constituida por un paquete de lutita negra con pequeñas laminaciones de finos granos de cuarzo y arcilla muy carbonosa. La abundancia de materia orgánica en esta unidad, permite asumir que existieron lapsos en los que predominaron las condiciones euxínicas, quizá atribuidas a la falta de circulación de las aguas. Sin embargo, la importante cantidad de terrígenos finos que da lugar a la laminación característica de la unidad. Estas laminaciones hacen pensar en que el influjo frecuente de terrígenos posiblemente se debió a la cercanía con tierras positivas. Para el depósito de la Unidad VI, la sedimentación terrígena se detuvo, y dio lugar a una sedimentación potente de lutitas con materia orgánica, manteniendo raros horizontes de arenisca calcárea, de los cuales uno de ellos, muy cerca del contacto con la Unidad VII, destaca por contener fósiles megascópicos, principalmente cefalópodos, el espesor de este horizonte es de 2 m.

## **7.2 Unidad VII (Caliza San Angel)**

El inicio de la deposición de la Caliza San Angel marca un episodio de tranquilidad contemporánea en el área madre de los terrígenos. Esto se evidencia por la abrupta interrupción de sedimentación terrígena y el predominio de la sedimentación calcárea. La presencia de nódulos de pedernal en la base de la Caliza San Angel sugiere que el comenzó a profundidades considerables, batial superior, y fue evolucionando hacia aguas más someras, por el cambio de facies de ambiente de plataforma abierta (tipo rampa).

## **7.3 Unidad I (Formación El Cercado)**

EL inicio de la depositación de la Formación El Cercado indica que a partir del Campaniense, la región se vio sujeta por un periodo muy largo de sedimentación tipo flysh. Aparentemente todo el depósito de la Formación El Cercado se llevó a cabo en aguas considerablemente profundas (batial superior), estas condiciones prevalecieron hasta el fin de la sedimentación de la unidad. Sin embargo, la formación incluye horizontes con importante contenido arenoso. Esto indica que el influjo diferencial de terrígenos se debió quizás exclusivamente a la actividad tectónica contemporánea al depósito.

## CAPÍTULO VIII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

De acuerdo al análisis de los datos de campo y láminas delgadas de las muestras obtenidas, fotografías de campo, imágenes satelitales, secciones estructurales (A – A', B – B' – B'' y C - C') se establece que la secuencia litológica que conforma la parte central del flanco sur de la Sierra La Laguna está constituida por rocas sedimentarias marinas que se depositaron en un lapso comprendido entre el Jurásico Superior (Kimmeridgiense) y el Cretácico Superior (Maestrichtense). Sin embargo, hacia el extremo NW de la Sierra La Laguna, afloran rocas marinas que se depositaron en un lapso comprendido entre el Cretácico Superior (Berriasiense) y Cretácico Superior (Santoniense). Esto de acuerdo a lo reportado por Longoria *et al.* (1996) en el Cañón de La Boca. Cabe mencionar, que la Sierra San Juan Bautista y la Sierra La Laguna están separadas por el Cañón de La Boca.

De acuerdo a las estructuras geológicas que se describen en el capítulo V, la Sierra La Laguna está conformada por dos pliegues, al sur de la sierra, un sinclinal cerrado ligeramente volcado, con plano axial orientado NW – SE y eje buzante al NW y al norte de la sierra un anticlinal cerrado con plano axial orientado NW – SE y eje buzante al NW. Esto explica que las unidades líticas antiguas afloren en la parte media del extremo SE de la Sierra La Laguna disminuyendo gradualmente a unidades líticas más jóvenes conforme se acerca al extremo NW, en el cañón de La Boca.

La Sierra La Laguna está afectada en la base y parte media por una familia de fallas laterales de las cuales destaca una de ella, nombrada en éste trabajo como Falla El Tejocote, y muy cerca de la parte superior de la Sierra La Laguna se infiere la presencia de una falla inversa (Figura 99 y Anexo IV). Desgraciadamente, la naturaleza de las litologías afectadas por estas fallas, impidieron el reconocimiento de la cinemática de cada una ellas.

La Falla El Tejocote, interpretada como lateral izquierda se encuentra cerca de la base de la Sierra La Laguna y pone en contacto la Unidades I (El Cercado, Campaniense – Maastrichtiense) con la Unidad II (La Casita, Kimmeridgiense - Titoniense) de edades y dominios paleogeográficos diferentes, esta falla está orientada NW – SE, a ella están asociadas una familia de fallas subparalelas, del tipo lateral izquierda, distribuidas en la base y parte media de la Sierra La Laguna, a su vez estas fallas son interceptadas en un ángulo de

entre 80° y 110° por un par de fallas laterales izquierdas subparalelas entre sí, orientadas NE – SW (Figura 99).

Para el caso de la falla inversa, su descripción en campo fue limitada por la densa vegetación, sin embargo, se infiere a partir de los datos de campo, específicamente los datos de la sección geológica 5, ilustrada en las secciones A – A' y B – B' – B''.

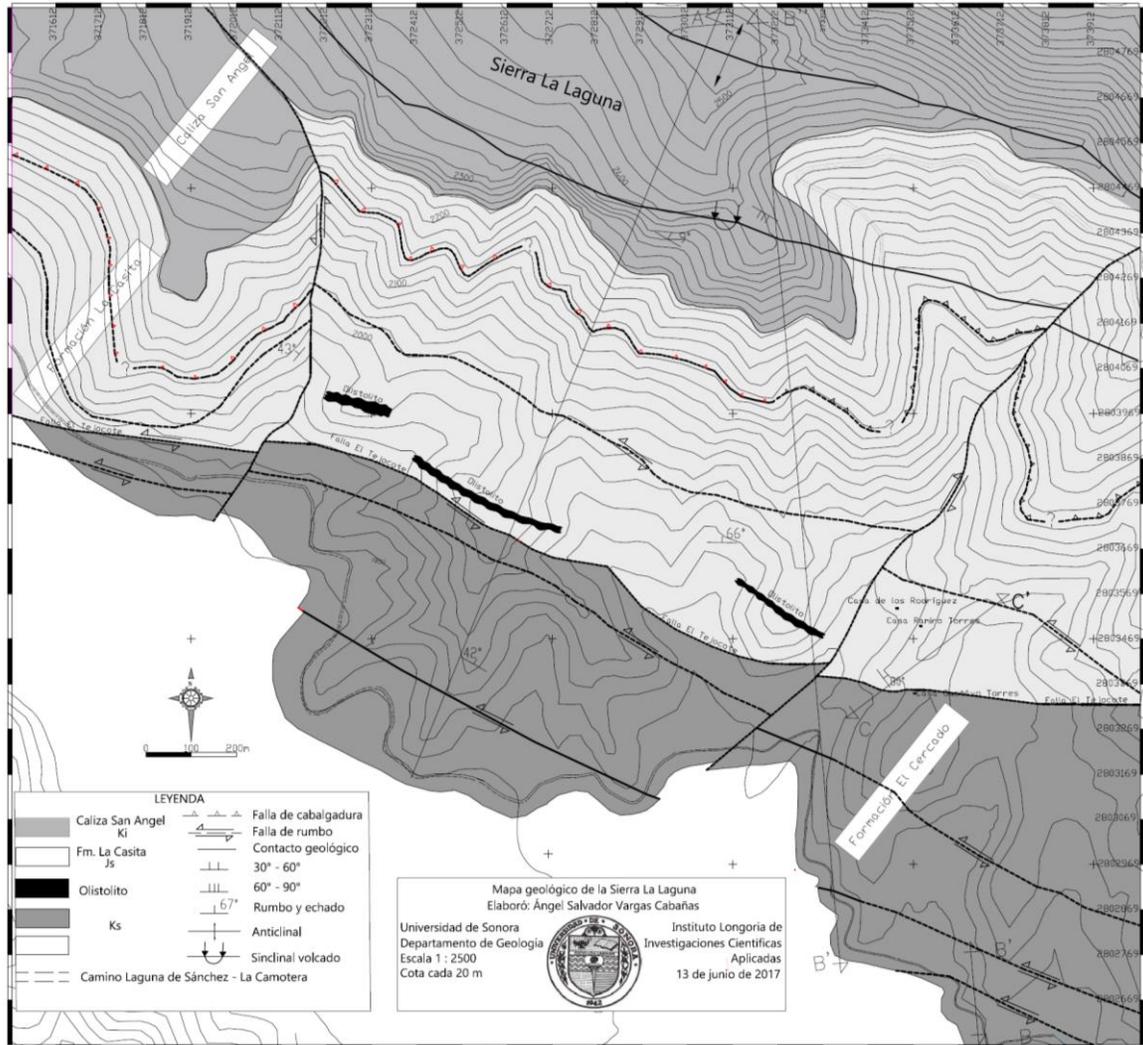
La sucesión estratigráfica medida en el área de estudio tiene un espesor de 1061.75 m representando ambientes de sedimentación que fluctúan desde la plataforma hasta la cuenca. Topográficamente de la base a la cima, el contacto entre las formaciones El Cercado (Cretácico Superior, Campaniense – Maastrichtiense) y La Casita (Jurásico Superior, Kimmeridgiense - Titoniense), las cuáles son unidades depositadas en dominios paleogeográficos diferentes, es por falla lateral (Falla El Tejocote), involucrando traslaciones de decenas de kilómetros.

De acuerdo al análisis estructural y de morfotectónica, se interpreta que las litologías que conforman la Sierra La Laguna han sido sometidas a intensa deformación y desplazamientos kilométricos por acción de la tectónica posterior a los depósitos de las unidades, a través de familias de fallas de rumbo.

En el presente trabajo el contacto entre las formaciones La Casita (Jurásico Superior, Titoniense) y Caliza San Angel (Cretácico Inferior, Berriasiense), se describe como un contacto abrupto y concordante. Éste contacto litológico ha sido mencionado ampliamente en la literatura, por ejemplo, Longoria et al. (1979) definen el contacto como abrupto y lo colocan inmediatamente debajo de la primera ocurrencia de las calizas compactas de la Caliza San Angel. Por su parte Gamper (1977) en el Cañón de Peregrina se refiere al contacto entre las formaciones La Casita y Taraises (unidad coeva a la Caliza San Angel) como muy abrupto y concordante, coloca el contacto inmediatamente por debajo de la primera aparición de la secuencia de calizas arcillosas de la Formación Taraises. Además menciona, la posible existencia de un hiato entre estas dos unidades. Longoria (1987) reporta la presencia de 3 hiatos en el Mesozoico mexicano, como el hiato Titoniano Superior – Berriasiano encontrado en varias sucesiones estratigráficas de México, dos de los mejores ejemplos son: el contacto La Casita/Taraises en la Sierra de Parras, y el contacto San Pedro/Xomananca en el sudeste de México. El mismo autor relaciona el hiato Titoniano Superior - Berriasiano

Inferior con movimientos diastroficos durante las interacciones de las placas Kulla/Farallon y Norte Americana, además menciona que este hiato coincide con las anomalías magnéticas marinas observadas por Pindell (1985).

La Unidad IIA se definió como un olistolito, desplazado quizá por movimientos diastroficos, desde aguas someras hacia aguas más profundas, posiblemente desde la rampa somera hacia el talud, en donde se emplazó en el lugar de depósito de la Unidad II, quedando de manifiesto por el hecho de que la litología correspondiente a la Unidad II encajona a la Unidad IIA. Esto indica que el tipo y ritmo de sedimentación de la Unidad II continuó a pesar del evento que dio origen al desplazamiento y emplazamiento del olistolito. El análisis de láminas delgadas fue poco concluyente debido a la escasez de fauna y la alteración de la roca. Por lo tanto, el origen de la Unidad IIA es todavía incierto y se deja abierto el tema a discusión.



**Figura 99.-** Mapa geológico mostrando las unidades líticas, fallas y pliegues que conforman la Sierra La Laguna.

## REFERENCIAS CITADAS

- American Commission on Stratigraphic Nomenclature. (1961). Code of Stratigraphic Nomenclature. *Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull.* v. 45, p. 645-665.
- Aydin, A., & Page, B. M. (1984). Diverse Pliocene-Quaternary tectonics in a transform environment, San Francisco Bay region, California. *Geological Society of America Bulletin*, v 95, p. 1303-1317.
- Bishop, D. (1968). Geometric development of structural features associated with major strike-slip faults in New Zealand. *Journal of Geology and Geophysics*, v. 11, p. 405-441.
- Bose, E. (1923). Vestiges of an ancient Continent in Northeast Mexico. *American Journal of Sciences*, 5th. ser v- 206, p. 17-137, 196-214, 310-337.
- Burckhardt, C. (1930). Etudes synthetique sur le Mesozoique Mexican. *Societe Paleontologique Suisse*, Memoire 49-50, 280 p.
- Campton, R. R. (1962). *Manual of field geology*. Jhon Wiley & Sons, Inc. 378 p.
- Dickinson, W. R. (1971). Plate tectonics in geologic history. *Science*, v.174, p. 107-113.
- Eguiluz, S., Aranda, M., & Randall, M. (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 1-26.
- Gamper, M. A. (1977). Estratigrafía y microfácies Cretácicas del Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental) . *Boletín de la sociedad Geológica Mexicana*. Tomo XXXVII. No. 2 , p. 1-17.
- Heim. (1940). The front rabges of the Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Temazunchale. *Eclogae Geol. Helvetiae*, Vol. 33.
- Humphrey, W. E. (1949). Geology of the Sierra de Los Muertos Area, Mexico (with description of aptian cephalopods from the La Peña Formation). *Geological Society of America, Bulletin*, v. 60, p. 89-176.
- Imlay, R. (1936). Evolution of the Coahuila, Peninsula, Mexico: Part IV, Geology of the western part the Sierra de Parras. *Geological Society of America, Bulletin*, v47, p. 1091-1152.
- Imlay, R. (1937). Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico. *Geological Society of America, Bulletin*, v.48, p. 587-630.
- Imlay, R. (1938). Studies of the Mexicangeosyncline. *Geological Society of America, Bulletin*, v.49, P. 1651-1694.
- Imlay, R. (1939). Upper Jurassic ammonites from Mexico. *Geological Society of America, Bulletin*, v.50, P. 1-78.
- Imlay, R. (1943). Evidence For the Upper Jurassic Landmass in Eastern México. *A.A.P.G., Bulletin*, v. 27, p. 524-529.
- Imlay, R. (1980). Jurassic Paleobieogeography of the conterminous United States in its contienental setting. *U.S. Geological Survey professional Paper 1062*, p. 134.

- Jeffrey, E. C. (1910). A new Araucarian genus from the Triassic. *Boston Soc. Nat. Hist., Proc.*, vol. 34. no. 9.
- Kelly, W. A. (1936). Geology of the mountains bordering the valleys of Acatita and Las Delicias. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 47. p 1009-1038.
- Kigma, J. T. (1974). The geological structure of New Zealand. *Jhon Wiley and Sons*, p. 385.
- Longoria, J. F., Clowes, D. M., & Monreal, R. (1999). Type Mesozoic succession of northern Mexico: Cañon La Casita . *Geological Society of America. Special paper 340*, p. 301.
- Longoria, J. F., & Dávila, V. M. (1979). Estratigrafía y microfacies del Cerro de La Silla, SE de Monterrey. *Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, Boletín*, vol. 2. No. 1, P. 65-95.
- Longoria, J. F., Flores, H. E., Hinojosa , J. J., & Silva, L. E. (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*, p. 15 -7 4.
- Longoria, J. F. (1975). Estratigrafía de la Serie Comancheana del Noreste de México. *Sociedad Geológica Mexicana, Boletín*, v. XXXVI, p. 31-59.
- Longoria, J. F. (1984a). Mesozoic tectostratigraphic domains in east-central Mexico, in Westermann, G.E.G., (ed.), Jurassic - Cretaceous biochronology and paleogeography of North America. *Geological Association of Canada Special.*, Paper 27, p. 65 - 76.
- Longoria, J. F. (1984b). Cretaceous biochronology from the Gulf of Mexico based on planktonic microfossils. *Micropaleontology*, v. 30. p. 225 - 242.
- Longoria, J. F. (1984c). Stratigraphic studies in the Jurassic of northeastern Mexico: Evidence for the origin of the Sabinas Basin. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Gul Coast Section, Annual Research Conference proceedings.*, p. 171-193.
- Longoria, J. F. (1985). Tectonic transpression in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico: An alternative model: *Geology*. v. 13, p. 343-456.
- Longoria, J. F. (1987). Regional unconformities in the Cretaceous succession of Mexico. *Programs in Geociencias University of Texas at Dallas, Richardson, Texas 75083-0688 U.S.A.* P. 217 - 220.
- Longoria, J. F. (1994). Recognition and characteristics of strike-slip fault system in Mexico and its Mesozoic transpressional regime: implications in plate tectonics and peoleogeographic reconstruction. *Departamento de Geologia, Universidad de Sonora, Boletin 11, no 1*, p. 77-104.
- Longoria, J. F. (1998). The Mesozoic of the Mexican Cordillera in Nuevo Leon, NE Mexico. *Department of Geology. Florida International University Miami, Fl. 33199.* p. 1 - 39.
- Longoria, J. F. (2015). Manual de cartografía y geología de campo . *ILICA, Monterrey, Nuevo León.*

- Longoria, J. F., & Monreal, R. (1991). Lithostratigraphy, microfacies, and depositional environments of the Mesozoic of Sierra La Nieve, Coahuila, northeast Mexico. *Sociedad Geológica de España.*, Revista v. 4. p. 7 - 31.
- López Ramos, E. (1979). *Geología de México* (2 ed., Vol. Tomo II). México, D.F.
- Muir, J. M. (1936). Geology of the Tampico Region, Mexico. *American Association of Petroleum Geologists*, p. 280.
- Mullerred. (1944). Etude Stratigraphique et Micropaleontologique du Crétacé Inferior de la "Fosse Vocontiene". *Doc. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon*, P. 369.
- Pindell, J. L. (1985). Alleghennian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean: Tectonics. v. 4, P. 1 - 39.
- Urrutia-Facugauchi, J. (1981). Paleomagnetism of lower Tertiary volcanic and sedimentary rocks from central Chihuahua, northern Mexico. *Annales de Geophysique*, p. 367-380.
- Wall, J. R., Murray, G. E., & Díaz, T. E. (1961). Geologic occurrence of intrusive gypsum and its effect on structural forms in Coahuila Marginal Folded Province of northeastern Mexico . *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 45, p. 1504-1522.

## ANEXOS

### Anexo I base de datos la sección geológica de campo 6

**Tabla 1.-** Tabla de datos de todos los puntos obtenidos en la sección geológica de campo 6.

Punto	Azimut	Intensidad del echado	Dirección de echado	Muestra
P1	N 124°	82°	NE	1
P2	N 300°	83°	NE	
P3				
P4				
P5				
P6	N 282°	15°	NE	2
P7	N 232°	54°	NW	
P8				
P9	N 280°	44°	NE	3
P10				
P11	N 228°	32°	NW	4
P12	N 220°	43°	NW	5, 6
P13				7
P13B				
P14	N 275°	3°	NE	
P15				
P16				8
P17				9
P18				
P19				10
P20				11
P21	N 272°	56°	NE	12
P21	N 310°	56°	NE	
P22	N 304°	49°	NE	13
P23	N 325°	55°	NE	14
P24	N 305°	40°	NE	15
P25	N 322°	27°	NE	16
P26	N 300°	42°	NE	17
P27	N 300°	35°	NE	18
P28	N 291°	37°	NE	19
P29	N 265°	85°	NE	20
P30	N 285°	81°	NW	21
P31	N 276°	73°	NE	22.23
P31				
P32	N 290°	80°	NE	24
P35				25.26

Punto	Azimut	Echado	Dirección del echado	Muestra
P36				27
P37	N 265°	67°	NE	28
P38				
P39	N 314°	68°	NE	29
P40	N 324°	80°	NE	30.31
P41	N 324°	59°	NE	32
P42	N 329°	87°	NE	33
P43				34
P44	N 276°	47°	NE	35
P45	N 279°	59°	NE	36
P46	N 279°	61	NE	
P47				37
P48	N 272°	76°	NE	38.39
P50	N 265°	77°	NW	
P50B	N 305°			
P51				
P52				40
P53	N 270°	66°	N	43
P54	N 344°	44°	NE	44.45
P55				47
P56				48,49,50,51

## Anexo II Base de datos de la sección geológica de campo 7

**Tabla 2.-** Tabla de datos de todos los puntos obtenidos en la sección geológica de campo 7.

Estación	Visual	Distancia	Pendiente del terreno	Muestra	Azimut Y Echado
0-1	339°	15M	-3°	CG0+1.5	N 285°,43° NE
				CG0+5	N 270°,40° N
				CG0+8	N 285°,42° NE
				CG0+13	
1-2	259°	15M	6°	CG1+5	N 270°,55°,N
				CG1+9	N 285,58° NE
2-3	210°	15M	-3°	CG2+2	N 270°,45° N
				CG2+10	N 270°,50°, N
					N 280°,60, NE
3-4	234°	15M	-4°	CG3+3	N 275°,45°,NE

Estación	Visual	Distancia	Pendiente del terreno	Muestra	Azimut Y Echado
				CG3+6	N 280°,60°,NE
4-5	212°	15M	0°		
5-6	203°	15M	2°	CG5+6	N 300°,63°,NE
					N 300°,64°,NE
6-7	201°	15M	2°	CG6+14	N 300°,60°,NE
					N 315°,65°,NE
7-8	200°	15M	3°	CG7+11	N 315°,70°,NE
					N 310°,70°,NE
					N 315°,68°,NE
8-9	190°	15M	4°		N 310°,70°,NE
				CG8+3	N 315°,75°,NE
				CG8+ 13	
9-10	185°	15M	-1°	CG9+3	N 330°,73°,NE
				CG9+7	N 325°,84°,NE
				CG9+9	
				CG9+11.50	
10-11	190°	15M	-2°	CG10+2	N 310°,73°,NE
				CG10+13.5	N 305°,69°,NE
11-12	205°	12M	-1°	CG11+1	N 305°,62°,NE
				CG11+3	N 308°,65°,NE
				CG11+5	N 332°,75°,NE
				CG11+8	N 335°,75°,NE
12-13	220°	15M	-2°	CG12+1.5	N 325°,65°,NE
				CG12+13.5	N 335°,60°,NE
13-14	230°	15M	0°	CG13+2	N 340°,60°,NE
				CG13+5	N 335°,60°,NE
				CG13+9.5	
14-15	230°	15M	3°	CG14+7	N 330°,75°,NE
				CG14+10	N 335°,70°,NE
				CG14+13	

Estación	Visual	Distancia	Pendiente	Muestra	Azimut Y Echado
15-16	245°	15M	3°		
16-17	348°	6M	8°		
17-18	245°	14M	-11°		
18-19	284°	15M	-9°	CG18+1	N 320°,64°,NE
				CG18+4	N 320°,67°,NE
				CG18+13	
19-20	282°	15M	-7°	CG19+4.5	N 325°,66°,NE
				CG19+13	N 335°,72°,NE
20-21	282°	15M	-6°	CG20+1.5	N 335°,62°,NE
				CG20+9.5	N 330°,70°,NE
21-22	265°	15M	-11°		
22-23	264°	15M	-13°		
23-24	220°	15M	-13°	CG23+10	N 335°,72°,NE
					N 335°,80°,NE
24-25	160°	10M	-10°	CG 24+3	
				CG24+7	N 330°,70°,NE
25-26	117°	15M	-10°	CG25+5	N 322°,70°,NE
				CG25+9	
26-27	105°	15M	-12°	CG26+1	N 320°,80°,NE
				CG26+4	N 322°,78°,NE
27-28	133°	15M	-7°		
28-29	207°	13.5M	-8°	CG28+3	N 320°,74°,NE
				CG28+11	
29-30	310°	16M	-9°		
30-31	270°	15M	-7°	CG30+7	N 328°,67°,NE
				CG30+14	N 342°,55°,NE

Estación	Visual	Distancia	Pendiente del terreno	Muestra	Azimut Y Echado
31-32	265°	15M	-8°	CG31+5	N 322°,70°,NE
				CG31+11.5	N 315°,75°,NE
32-33	264°	15M	-13°	CG32+50	N 310°,70°,NE
				CG32+1	N 315°,72°,NE
				CG32+8	
				CG32+12	
33-34	264°	15M	-13°	CG33+5	N 335°,67°,NE
				CG33+10.50	N 325°,77°,NE
34-35	250°	15M	-14°	CG34+4	N 327°,77°,NE
				CG34+2.5	N 335°,75°,NE
				CG34+8	N 330°,85°,NE
				CG34+13.50	
35-36	255°	16M	-12°	CG35+3	N 330°,82°,NE
				CG35+9	N 330°,72°,NE
				CG35+15	N 328°,85°,NE

### Anexo III Base de datos la sección geológica de campo 8

**Tabla 3.-** Tabla de datos de todos los puntos obtenidos en la sección geológica de campo 8.

Estación	Distancia	Visual	Pendiente del terreno	Muestras	Azimut y echado
0-1	15m	60°	-9°	CT0+4.50	N 315°,80° NE
				CT0+7.90	N 320°,85° NE
				CT0+10	N 320°,86° NE
				CT0+10.80	
				CT0+13	
1-2	15m	56°	-8°	CT1+4	N 315°,76° NE
				CT1+12	N330°,72° NE
				CT1+14	
2-3	15m	69°	-9°	CT2+5	N 325°,76° NE
				CT2+11	N 145°,72° NE
3-4	15m	66°	-8°	CT3+1.50	N 330°,75° NE

Estación	Distancia	Visual	Pendiente del terreno	Muestras	Azimut y echado
				CT3+4	N 328°,72° NE
				CT3+10	N 325°,80° NE
4-5	10m	65°	-5°	CT4+50	N 315°,86° NE
				CT4+5	N 320°,85° NE
				CT4+9	
5-6	15m	174°	-9°		
6-7	15m	180°	-10°		
7-8	15m	187°	-5°		
8-9	15m	189°	-3°		
9-10	15m	185°	-3°		
10-11	15m	184°	-6°		
11-12	15m	186°	-5°	CT11+3	N 330°,55° NE
				CT11+14	N 335°,60° NE
12-13	15m	185°	-5°	CT12+3	N 335°,60° NE
				CT12+7	N 335°,56° NE
13-14	15m	180°	-4°	CT13+7	N 340°,45° NE
				CT13+10	N 330°,53° NE
14-15	15m	183°	-4°	CT14+1	N 340°,45° NE
				CT14+10	N 330°,53° NE
15-16	15m	181°	-8°	CT15+5	N 325°,55°,NE
				CT15+13	N 335°,58° NE
16-17	15m	178°	-8°	CT16+4	N 335°,50° NE
				CT16+13	N 340°,55° NE
17-18	15m	183°	-5°	CT17+9	N 340°,55° NE
				CT17+12.50	N 340°,43° NE
18-19	15m	184°	-4°	CT18+2.50	N 345°,50° NE

Estación	Distancia	Visual	Pendiente del terreno	Muestras	Azimut y echado
				CT18+10	N 340°,52° NE
19-20	15m	184°	-2°	CT19+50	N 330°,55° NE
				CT19+3	N 340°,47° NE
				CT19+13	
20-21	15m	175°	-1°	CT20+2	N 325°,45° NE
				CT20+7	N 325°,55° NE
21-22	15m	171°	2°	CT21+8	N 320°,60° NE
				CT21+14	N 325°,50° NE
22-23	15m	170°	2°	CT22+4	N 315°,55° NE
				CT22+13	N 320°,52° NE
23-24	15m	175°	-3°	CT23+1.50	N 330°,60° NE
				CT23+13.50	N 320°,60° NE
24-25	15m	134°	-4°	CT24+4	N 325°,57° NE
				CT24+7.50	N 330°,60° NE
25-26	15m	100°	-4°	CT25+3.50	N 330°,45° NE
26-27	15m	114°	-4°		
27-28	15m	126°	-2°		
28-29	15m	146°	-2°		
29-30	15m	172°	0°	CT29+5	N 325°,45° NE
30-31	15m	175°	1°	CT30+8	N 330°,45° NE
31-32	15m	155°	0°	CT31+5	N 315°, 34° NE
				CT31+12	N 315°,40° NE
32-33	15m	128°	0°	CT32+2	N 330°,82° NE
				CT32+8	N 330°,73° NE
33-34	15m	105°	-1°	CT33+1	N 325°,70° NE

Estación	Distancia	Visual	Pendiente del terreno	Muestras	Azimut y echado
34-35	15m	120°	2°	CT34+13	N 320°,70° NE
35-36	15m	145°	3°	CT35+4.50 CT35+13	N 320°,80° NE
36-37	15m	180°	0°	CT36+4.50	N 315°,77° NE
37-38	15m	185°	0°	CT37+4 CT37+12	N 315°,85° NE N 315°,85° NE
38-39	15m	195°	1°	CT38+6 CT38+13	N 320°,75° NE N 315°,70° NE
39-40	15m	195°	2°	CT39+5.50 CT39+9	N 320°, 65° N 325°, 65° NE
40-41	6m	185°	4°	CT40+3	N 315°, 55° NE
41-42	15m	130°	0°	CT41+1.50 CT41+2.50 CT41+10	N 325°,57° NE N 315,55, NE
42-43	15m	100°	0°	CT42+5M	N 320°,60° NE
43-44	15m	96°	0°	CT43+11	N 320°,61° NE
44-45	15m	94°	0°	CT44+13	N 320°,65°, NE
45-46	15m	95°	-1°	CT45+3 CT45+9	N 325°, 73° NE N 320°,72° NE
46-47	15m	93°	-4°	CT46+5	N 320°, 80° NE
47-48	15m	99°	-2°		
48-49	15m	103°	-1°		
49-50	30m	100°	-1°		

Estación	Distancia	Visual	Pendiente del terreno	Muestras	Azimut y echado
50-51	30m	105°	-2°		
51-52	30m	112°	-2°		
52-53	30m	98°	-1°		
53-54	30m	124°	3°		
54-55	15m	187°	3°		
55-56	15m	185°	-1°	CT55+4.50 CT55+11	N 325°,65° NE N 320°,57° NE
56-57	10m	165°	-2°	CT56+7	N 320°,52° NE
57-58	10m	142°	-2°	CT57+3 CT57+8.50	N 310°,48° NE N 310°,45° NE
58-59	15m	110°	-3°	CT58+6 CT58+9	N 315°,45° NE N 305°,50° NE
59-60	30m	119°	-3°		
60-61	15m	135°	3°	CT60+13 CT60+10.50	N 330°,60° NE N 335°,59° NE
61-62	15m	158°	4°	CT61+5 CT61+11	N 335°,57° NE N 335°,59° NE
62-63	15m	157°	5°	CT62+4 CT62+12	N 335°,62° NE N 335°,68° NE
63-64	15m	165°	5°	CT63+8 CT63+12	N 335°,57° NE N 333°,63° NE
64-65	13m	130°	9°	CT64+5 CT64+10	N 320°,72° NE N 320°,72° NE

## **Anexo IV Mapa geológico**