



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

EDAD E INTERPRETACIÓN DE LOS PALEOAMBIENTES DEL JURÁSICO TARDÍO DE LA FORMACIÓN
LA CASITA, EN LA FOSA DE CHIHUAHUA.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA

Carmen Manuela Tarango Terrazas

TUTOR:

Dr. Timothy F. Lawton
Centro de Geociencias, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL:

Dra. Ana Berta Villaseñor Martínez, Instituto de Geología, UNAM
Dr. Luigi Solari, Centro de Geociencias, UNAM
Dr. Timothy F. Lawton, Centro de Geociencias, UNAM
Dr. Yam Zul Ernesto Ocampo, Facultad de Ingeniería, UASLP
Dr. José Barboza Gudiño, Instituto de Geología, UASLP

Juriquilla, Santiago de Querétaro, Mayo 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, plasmado en la legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí especificadas. Aseguré mediante mi firma que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Toda la actividad de o referencias a la obra de otros autores aparecerán debida y adecuadamente señaladas, así como acreditadas mediante los recursos editoriales convencionales.

Carmen Manuela Tarango Terrazas

A Jesucristo mi Señor. Te amo, eres el centro de mi vida.

A Eric (mi amado esposo) por todo tu amor, paciencia, mirada, sonrisa, apoyo, tiempo y por alentarme a ser mejor persona todos los días, te amo cielo.

A Eric Abraham por darme de tu tiempo y motivarme con tus sonrisas a llegar a la meta.

A toda mi familia, a mi padre por sus enseñanzas, y en especial a mi madre y mi tía Lupita que sin ellas nunca hubiera llegado a este punto; han sido columna para mí.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar un especial agradecimiento al Dr. Timothy F. Lawton que fue mi asesor y amigo en el posgrado. Tim eres un ejemplo como persona y como profesional, sinceramente quiero darte las gracias por tu paciencia, entusiasmo, guía y enseñanza; espero algún día ser al menos la mitad de buen geólogo que eres tú. También quiero agradecer al M. en C. Edgar Juárez Arriaga por su valioso apoyo en mi trabajo de campo, particularmente en la medición y descripción de columnas estratigráficas en las áreas de Cerro de Enmedio y Los Panales en Chihuahua, y a la Dra. Ana Bertha Villaseñor por su apoyo durante la identificación de los ammonites jurásicos tanto en campo como en gabinete.

Gracias a Manuel Albarrán Murillo del laboratorio de molienda y pulverizado. A los técnicos académicos Juan Tomás Vázquez Ramírez y Oscar Aguilar Moreno del laboratorio de laminación. Al Dr. Alexander Iriondo, a la Química Ma. Concepción Arredondo de la Rosa y Jesús Roberto García Flores (Tito) del laboratorio de Microscopía Electrónica. Al Dr. Carlos Ortega Obregón y el Dr. Luigi A. Solari del laboratorio de Estudios Isotópicos. Cada uno de ustedes con sus destrezas y el conocimiento de su área enriquecieron mi entendimiento y esta tesis.

Gracias a Marta Pereda Miranda y Alejandro Escobedo Juárez asistentes del Posgrado por su invaluable ayuda y orientación, y a Teresita de Jesús Pérez Cruz de la Biblioteca de la UNAM Campus Juriquilla por su apoyo en la bibliografía.

Gracias a CGEO y a la UNAM por darme la oportunidad de continuar con mi formación académica; gracias a todos mis profesores en la maestría y mis compañeros, por su enseñanza y apoyo.

Un especial agradecimiento a CONACyT por el apoyo otorgado a través de las becas nacionales para estudios de posgrado y al programa UNAM-DGAPA-PAPIIT que apoyo el desarrollo de esta tesis a través del proyecto IN-105714, denominado "Correlación de los sedimentos del Jurásico Medio-Superior, y el origen de las cuencas sedimentarias del Mesozoico Medio en el centro-norte de México".

Por último, quiero darle las gracias a los miembros que formaron parte del comité tutorial: Dra. Ana Berta Villaseñor Martínez, Dr. José Barboza Gudiño, Dr. Luigi Solari y Dr. Yam Zul Ernesto Ocampo, que han contribuido con comentarios y opiniones para el mejoramiento de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. MARCO GEOLÓGICO	3
4. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL EN LA FOSA DE CHIHUAHUA	10
Historia de la nomenclatura estratigráfica en la fosa de Chihuahua	10
Basamento precámbrico.....	12
Paleozoico	12
Formación Bliss	12
Formación El Paso	13
Formación Montoya.....	13
Miembro: Arenisca Cable Canyon	14
Formación Percha	15
Formación Escabrosa	15
Formación Paradise	15
Formación Horquilla	16
Arrecifes y rocas del Pérmico (Plomosas inferior).....	16
Mesozoico	17
Granitos del Triásico-Jurásico	17
Formación Plomosas (Parte triásica-jurásica).....	17
Formación Verde.....	18
Intrusivo Los Panales.....	21
Formación La Casita	23
Formación Navarrete	23
5. FORMACIÓN LA CASITA EN LAS ÁREAS DE LOS PANALES Y CERRO DE ENMEDIO.....	28
Antecedentes	28
Metodología.....	28

Estratigrafía de la Formación La Casita.....	29
Miembro El Pílon.....	29
Miembro La Parrita	33
Miembro El Táscate	38
Bioestratigrafía de ammonites.	44
Kimmeridgiano.....	44
Tithoniano	45
Correlación.....	45
6. SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA CASITA	47
Asociación de litofacies A.	50
Asociación de litofacies B.....	51
Asociación de litofacies C.....	54
Asociación de litofacies D.	57
Asociación de litofacies E.....	58
Asociación de litofacies F.....	59
7. PETROGRAFÍA DE ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	61
Metodología.....	61
Petrografía de rocas detríticas.....	65
Tipos de granos en areniscas	65
Granos monocristalinos.	65
Granos policristalinos.....	65
Diagénesis.	65
Composición de las areniscas	72
Composición de los clastos en los conglomerados del miembro El Pílon en Los Panales.	74
Petrofacies y Procedencia.....	76
8. GEOCRONOLOGÍA	77
Geocronología de rocas ígneas.....	79
Intrusivo Los Panales.....	79
Toba del miembro La Parrita	79
Dique oligocénico.....	82
Geocronología de circones detríticos	82
Formación Verde.....	82
Formación La Casita	84

Miembro El Pílon.....	84
Miembro La Parrita	88
Miembro El Táscate	90
9. DISCUSIÓN	92
Interpretación de las fuentes de circones.	96
Grupo A (> 2.0 Ga).	96
Grupo B (1600 – 1800 Ma).....	96
Grupo C (1300 – 1500 Ma).....	96
Grupo D (950 – 1300 Ma).	98
Grupo E (450 – 700 Ma).....	98
Grupo F (300 – 450 Ma).	98
Grupo G (240 – 300 Ma).	98
Grupo H (200 – 240 Ma).	99
Grupo I (168 – 200 Ma).....	99
Grupo J (145.5-168)	99
Implicaciones tectónicas y paleogeográficas.....	99
10. CONCLUSIONES.....	105
REFERENCIAS CITADAS.....	107
ANEXOS 1	117
ANEXOS 2	120

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Litofacies presentes en las formaciones La Casita y Navarrete. Modificado de Miall (1985).....	48
2	Asociaciones de litofacies sedimentarias en las formaciones La Casita y Navarrete de las secciones Los Panales y cerro de Enmedio.....	49
3	Lista de muestras recolectadas en las áreas de Los Panales y Plomosas. Localidades en coordenadas UTM WGS84.....	62
4	Parámetros de conteo de puntos en areniscas.....	63
5	Parámetros para recalcular el conteo de puntos.....	63
6	Análisis porcentual obtenido en el conteo de puntos de las areniscas en Los Panales y cerro de Enmedio.....	64
7	Listado de edades obtenidas por el método U-Pb en circones detríticos en las áreas de Los Panales (LP) y cerro de Enmedio (CE). Coordenadas UTM WGS84.....	78
8	Listado de edades obtenidas por el método U-Pb en circones de rocas ígneas en el área de Los Panales (LP). Coordenadas UTM WGS84.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Plano de Ubicación. Parte inferior izquierda muestra la ubicación del estado de Chihuahua en México. Imagen superior, tomada de la aplicación Google Earth Pro (2015), muestra la distribución de diferentes localidades nombradas en el presente trabajo.....	5
2	Tabla cronoestratigráfica y de correlación de la Fm La Casita. Fuente de datos: (1) Mael et al. (2011), Leggett, W.J. (2009), González-León, et al. (2009); (2) Lawton y Olmstead (1995), Gilbert, J.C. (2012); (3) Ruiz-Urueña (comunicación personal); (4) McLeroy & Clemons (1965), Lawton y Molina-Garza (2014); (5) Eguiluz (2001).....	8
3	Interpretación paleogeográfica en el Jurásico con la ubicación de las localidades Los Panales y cerro de Enmedio. Tomada de Mael <i>et al.</i> (2011).....	9
4	Historia de la nomenclatura estratigráfica de la fosa de Chihuahua. * Servicio Geológico Mexicano; estrella equivale a edades U-Pb obtenidas en este trabajo.....	11
5	Vista del afloramiento de donde se obtuvo la muestra 14LP03 en la Formación Verde en el área de Los Panales. La longitud del martillo es 33 cm.....	20
6	Detalle del afloramiento en la Formación Verde la cual muestra una brecha oligomítica con matriz limosa, tiene una apariencia craquelada; moneda con diámetro de 2.1 cm.....	20
7	Fotomicrografía de la Formación Verde (14LP02) contiene al centro un lítico volcánico (Lv) rodeado por cuarzo monocristalino (Qm) y anfíbol (An).....	21
8	Vista panorámica hacia el este donde se observa al Intrusivo Los Panales (Jopa) en contacto con la Formación Verde (Jmv).....	22
9	Detalle del borde del Intrusivo Los Panales, donde se observan xenolitos de la Formación Verde de color gris.....	22
10	Fotomicrografía del intrusivo microdiorítico de Los Panales (14LP01) con cristales de plagioclasa (P) y reemplazamiento de calcita (Ca). Nicoles cruzados.....	23
11	Vista panorámica de pliegue cerrado compuesto por lutitas y calizas en la Formación Navarrete, en el área de Los Panales.....	25
12	Vista panorámica cercana a la base de la Formación Navarrete en el área de Los Panales, donde se observa estratos muy gruesos de yeso reemplazado por calcita (ER) e intercalaciones con estratos delgados a laminares de lutita y caliza (LC) con estructuras típicas de un sabkha. El espesor del intervalo ER es ~2 m.....	26
13	Detalle de estructura <i>teepee</i> (parte superior) y <i>chicken wire</i> (parte inferior) en yeso y lutita de la Formación Navarrete en el área de Los Panales; moneda con diámetro de 2.55 cm.....	26

14	Detalle de estrato masivo de yeso de la Formación Navarrete antes identificada como mármol de la Formación La Casita (Bridges, 1962; Barboza-Gudiño <i>et al.</i> , 2016) con estructura <i>chicken wire</i> , ubicación cercana al complejo de la mina de Plomosas. La longitud del martillo es de 35 cm.....	27
15	Fotomicrografía de caliza grainstone ubicada hacia la base de la Formación Navarrete (muestra M4) con foraminífero (F), con algunos cristales de cuarzo (Qm).....	27
16	Vista panorámica al noroeste del miembro El Pilón con estratificación muy gruesa a masiva y gran extensión lateral en el área Los Panales. Indicado por la flecha se observa el intrusivo Los Panales.....	31
17	Detalle de conglomerado del miembro El Pilón en el área Los Panales. Longitud del Martillo 41 cm.....	32
18	Vista de estratos muy gruesos a masivos de la base del miembro El Pilón al sur del cerro de Enmedio. Línea roja marca el contacto erosivo entre la Formación Plomosas (Jip) y el miembro El Pilón (Jsep). El martillo tiene una longitud de 35 cm.....	32
19	Detalle de clasto de riolita en el conglomerado polimíctico del miembro El Pilón en el cerro de Enmedio, aproximadamente en el metro 5 de la sección medida. Navaja mide 9 cm de largo.....	33
20	Detalle de ammonite cfr. <i>Nebrodités</i> sp. hematizada en la parte inferior del miembro La Parrita, en el área Los Panales.....	35
21	Detalle de impresión de ammonite <i>Idoceras santarosamum</i> , en el área Los Panales. Moneda con diámetro de 2.1 cm.....	36
22	Vista panorámica con vista al noroeste de uno de los cuerpos de arenisca de la parte superior del miembro La Parrita, en el área Los Panales. Intervalo 327 al 345 m de la sección medida.....	36
23	Fotografía panorámica al este del flujo riolítico con vista al depósito acanalado (señalado con flecha) con aproximadamente 120 m de longitud y 9 m de espesor, el cual conforma la cima del miembro La Parrita en el área del cerro de Enmedio.....	37
24	Fotografía de detalle de valva de 15 cm de longitud que se encuentra en el depósito acanalado de la cima del miembro La Parrita en cerro de Enmedio. Martillo tiene una longitud de 33cm.....	37
25	Fotomicrografía de toba en el miembro La Parrita del área Los Panales (15LP14a). Muestra lapilli compactado (línea discontinua) con vidrio desvitrificado formando esferulitas (Es) con zeolita.....	38
26	Vista panorámica de cuerpo de areniscas del miembro El Táscate, entre el metro 640 a 657 de la sección de Los Panales.....	40
27	Detalle de ammonite <i>Dorsoplanitoides</i> aff. <i>bavaricus</i> , en estratos de lutita, cercano a la base del miembro El Táscate del área Los Panales. La navaja tiene una longitud de 9cm.....	40

28	Fotomicrografía de caliza en la base del miembro El Táscate (14LP21) que contiene calcisferúlidos (C); con luz paralela.....	41
29	Vista panorámica hacia el oeste del miembro El Táscate en la parte sureste del cerro de Enmedio.....	41
30	Detalle de <i>Dorsoplanitoides cf. bavaricus</i> encontrado en el miembro El Táscate al sureste del área del cerro de Enmedio. La navaja tiene una longitud de 9 cm.....	42
31	Detalle de <i>Dorsoplanitoides n. sp.</i> encontrado en cerro de Enmedio. Longitud de navaja 9 cm.....	42
32	Secciones estratigráficas de la Formación La Casita medidas en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio. Las asociaciones de facies se explican en el capítulo 6. Datum indicado con flecha roja. Estratos de crecimiento están representados por engrosamiento del miembro El Pilón en cerro de Enmedio (sección 2).....	43
33	Perfil sedimentológico muestra asociaciones de litofacies A y C en el miembro El Pilón.....	50
34	Asociación de litofacies A; paleosuelo compuesto por gránulos (algunos indicados con flechas rojas) envueltos en matriz de limo.....	51
35	Perfil sedimentológico del Canal en la parte superior del miembro La Parrita en cerro de Enmedio.....	52
36	Perfil sedimentológico del miembro La Parrita en cerro de Enmedio. Las trazas fósiles corresponden a <i>Skolithos</i>	53
37	Litofacies Sc con contenido de <i>Skolithos</i> (señalados con flechas) en el área de Cerro de Enmedio.....	55
38	Miembro La Parrita con depósito Fsc que corresponde a un depósito arenisca con trazas fósiles, probablemente <i>Thalassinoides</i> , paralelas a la estratificación. Imán tiene 7 mm de diámetro.....	56
39	Estratificación <i>hummocky</i> en arena gruesa con algunos clastos de caliza y riolita. Estructura sedimentaria primaria encontrada en el miembro El Pilón del área Los Panales. Imán mide 13 cm de longitud.....	56
40	<i>Ophiomorpha</i> en asociación de litofacies C en el miembro El Táscate del área de Los Panales.....	57
41	Miembro La Parrita del área Los Panales, que presenta arenisca con estratificación <i>hummocky</i> . La navaja tiene una longitud de 9 cm.....	58
42	Litofacies Fm y Sc en el área de Los Panales, en el metro ~400.....	59

43	Diagrama ternario QFL (A) para la clasificación de areniscas de Folk (1974); Diagramas ternarios QtFL (B) y QmFLt (C) utilizados para la identificación de los campos de procedencia de Dickinson (1983, 1985). Los campos grises en diagramas A, B y C señalan las petrofacies definidas en el texto. En la parte inferior se presentan los diagramas ternarios QtFL (D) y QmFLt (E) que muestran la composición modal obtenida en las areniscas de los diferentes miembros en la Formación La Casita; los polígonos representan la desviación estándar obtenida en cada miembro.....	66
44	Diagramas ternarios (A) QmPK de Dickinson (1985), y (B) QpLvLs de Ingersoll y Suczek (1979). (C) QmPK y (D) QpLvLs. Polígonos simbolizan la desviación estándar que se obtuvo de cada miembro.....	67
45	Diagramas ternarios (A) QLsLsc y (B) QpLsLsc (Ingersoll y Cavazza, 1987). Flechas indican evolución estratigráfica de las areniscas. (C) QLsLsc y (D) QpLsLsc. Polígonos representan la desviación estándar obtenida en cada miembro.....	68
46	Fotomicrografía de subarcosa del miembro La Parrita (muestra 14LP17). Cuarzo monocristalino (Qm) con crecimiento sintaxial (indicado con flecha), hematita (Hem) en los poros y lítico metamórfico (Lm).....	69
47	Fotomicrografía de subarcosa del miembro La Parrita de (muestra 14LP17). Plagioclasa (P) con macla polisintética ligeramente alterada con mica blanca, cuarzo monocristalino (Qm), lítico metamórfico (Lm) y hematita (Hem) entre poros y fracturas.....	69
48	Fotomicrografía de subarcosa del miembro El Táscate (muestra 14LP23). Contactos rectos y cóncavo-convexos. Feldespato alterado (Fk) teñido por cobaltinitrito de sodio, rodeado de cuarzo monocristalino (Qm).....	70
49	Fotomicrografía de litoarenita del miembro El Pilón (muestra 14LP07). Cuarzo monocristalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp) (con unidades cristalinas orientadas), líticos sedimentarios carbonatados (Lsc) y cementante calcáreo.....	70
50	Fotomicrografía de litoarenita del miembro El Pilón (muestra 14LP07). Recristalización de pedernal en fragmento de gasterópodo?, rodeado por granos de calcita (ca) y cuarzo monocristalino (Qm).....	71
51	Fotomicrografía de conglomerado en el miembro El Pilón (muestra 14LP10a). Fragmentos líticos carbonatados (Ls), granos sedimentarios calcáreos (Lsc) y cuarzo monocristalino (Qm) en matriz calcárea.....	71
52	Fotomicrografía de subarcosa del miembro El Pilón (muestra PM-06). Cuarzo monocristalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp) y feldespato potásico albitizado (Fk) envueltos en matriz con carbonato y mica blanca.....	72
53	Conteos de clastos realizados en el miembro El Pilón del área Los Panales.....	75

54	a) Diagrama de curva de probabilidad relativa del intrusivo Los Panales (muestra 14LP01); b) diagrama de concordia U-Pb de todos los circones del intrusivo (muestra 14LP01); c) diagrama de concordia U-Pb de los circones menores a 400 Ma. La mayoría de los granos son heredados.....	80
55	a, b) Gráfico de media ponderada y diagrama de curva de probabilidad relativa de edades U-Pb en toba del miembro La Parrita (muestra 15LP15); c, d) Gráfico de media ponderada y diagrama de curva de probabilidad relativa de edades U-Pb en dique riolítico (muestra 14LP26) que corta al miembro El Pilón.....	81
56	Diagramas de curva de probabilidad relativa de la Formación Verde. a) Muestra 14LP03; b) muestra 14LP02.....	83
57	Diagramas de curva de probabilidad relativa de areniscas del miembro El Pilón. a,b) En el área de Los Panales (muestra 14LP08, 14LP07); c) en el área de cerro de Enmedio (muestra 15PM03).....	86
58	a, c) Gráficos de media ponderada de circones derivados de clastos de riolita en horizonte de conglomerado del miembro El Pilón; b, d) diagramas de curva de probabilidad de las mismas muestras.....	87
59	a, b, c, d) Curvas de distribución de edades e histogramas de circones detríticos del miembro La Parrita, en orden estratigráfico siendo “d” el inferior	89
60	a, b, c) Diagramas de curva de probabilidad relativa de las edades de circones detríticos del miembro El Táscate en el área de Los Panales; organizadas en orden estratigráfico siendo “c”el inferior	91
61	Graficas de distribución de probabilidad relativa que muestran los circones detríticos obtenidos en la Formación La Casita de las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio. Bandas de color indican grupos de edades. a).- Todos los granos analizados; b).- granos menores a 500 Ma.....	97
62	a) Marco regional de la ubicación del Golfo de Corinto; b) mapa estructural del Golfo de Corinto; tomado de Karymbalis <i>et al.</i> (2010).....	101
63	Bloques paleogeográficos esquemáticos. a) Miembro El Pilón formado por al menos dos abanicos deltaicos; b) miembro La Parrita que muestra aumento del nivel del mar. En las figuras se muestra: (1) área cerro de Enmedio, (2) área Los Panales, (3) Formación Verde, (4) Formación Plomosas, (5) Intrusivo Los Panales, (6) depósitos miembro El Pilón y (7) depósitos miembro La Parrita.....	102

RESUMEN

La Formación La Casita del Jurásico Superior en Chihuahua fue depositada en una cuenca extensiva de *rift* y puede ser dividida en tres miembros con base en sus características litoestratigráficas. Los miembros son diferentes entre sí con base en su litofacies, petrografía, edad geocronológica y contenido fósil. Estos miembros en orden ascendente son El Pilón, La Parrita y El Táscate. El miembro El Pilón compuesto principalmente por conglomerado y litoarenita depositados en los ambientes de planicie deltaica, *foreshore* y *shoreface*, durante el Kimmeridgiano. El miembro La Parrita, que contiene principalmente lutita, limolita, subarcosa y toba silíceas con una edad U-Pb en circón de 150 ± 1 Ma. El miembro fue depositado predominantemente en la plataforma externa en donde se reconocen a los ammonites *Idoceras* sp. y *Pachisphinctes* con un alcance del Kimmeridgiano Inferior al Tithoniano Temprano respectivamente; y 3) miembro El Táscate, que es integrado por voluminosos depósitos de lutita de la plataforma externa que son separados por depósitos de cuarzoarenita y limolita ubicados entre el *shoreface* y la zona de transición *off-shore*, con ejemplares de ammonites como *Pseudoinvoluticeras* aff. *douvillei* y *Dorsoplanitoides* dando una edad del Tithoniano Temprano. El contacto inferior de la formación es una discordancia angular con las formaciones Verde y Plomosas del Triásico al Jurásico Medio y formaciones paleozoicas en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio. El contacto superior con la Formación Navarrete del Cretácico Inferior es gradacional. La edad de la Formación La Casita es restringida en su base también por el intrusivo Los Panales cuya edad es del Kimmeridgiano Inferior (156 ± 4 Ma) el cual corresponde a un stock hipabisal microdiorítico, que en su contacto con la Formación Verde (Jurásico Medio) muestra xenolitos de esa formación.

Las areniscas de la formación están constituidas por dos petrofacies, una lítica y una cuarzosa. La petrofacies lítica es característica del miembro El Pilón, con líticos sedimentarios carbonatados; mientras que la petrofacies cuarzosa se observa en los miembros La Parrita y El Táscate, indicando una actividad tectónica reducida en los flancos de la cuenca. Además el contenido de circones detríticos en la Formación La Casita muestra una clara influencia de las provincias Yavapai y Mazatzal, del basamento grenvilliano y panafricano, de la orogenia Apalachiana, de los arcos Permo-Triásico, magmático cordillerano y Nazas, y en menor cantidad del magmatismo por rifting del Jurásico Superior.

Los ambientes marinos someros que dominaron durante el Kimmeridgiano al Tithoniano en la cuenca son coherentes con modelos de depositación en cuencas extensivas por rifting. Los abanicos deltaicos del miembro El Pilón se originaron en las primeras etapas de la cuenca extensiva, en donde el fallamiento normal creó numerosos depocentros parcialmente conectados por canales marítimos. Los depocentros fueron parcialmente llenados por rocas siliciclásticas y carbonatadas del Jurásico Medio-Tardío y Paleozoico, procedentes de los

hombros de la cuenca. Los depósitos de los miembros La Parrita y El Táscate fueron originados a partir de transgresiones marinas que cubrieron parcialmente estas áreas y por una topografía suavizada; sin embargo, durante el Kimmeridgiano ocurrieron eventos magmáticos originados por subducción que crearon vulcanismo al oeste de la cuenca, cuyo material piroclástico fue transportado por vientos y depositado en la cuenca.

ABSTRACT

The Upper Jurassic La Casita Formation in Chihuahua was deposited in an extensional basin formed by rifting and can be divided into three members based on its lithostratigraphic characteristics. The members are different from each other based on their lithofacies, petrography, geochronological age and fossil content. These members in ascending order include El Pilon, La Parrita and El Tascate member. El Pilon Member is composed mainly of conglomerate and litharenite deposited during the Kimmeridgian in deltaic, foreshore and shoreface environments. La Parrita Member contains mainly shale, siltstone, subarkose, and siliceous tuff beds, one of which yielded a U-Pb (zircon) age of 150 ± 1 Ma. The member was deposited predominantly in a shelf environment and contains the ammonites *Idoceras* sp. and *Pachisphinctes*, which indicate an age of Early Kimmeridgian to the Early Tithonian, respectively. El Tascate Member is composed of thick shale deposits of shelfal origin that are separated by deposits of quartz arenite and siltstone deposited between the *shoreface* and the *off-shore* transition zone, with ammonites such as *Pseudoinvoluticeras* aff. *douvillei* and *Dorsoplanitoides* indicating an Early Tithonian age. The lower contact of the formation is an angular unconformity with the Verde and Plomosas formations of Middle Jurassic to Triassic age and Paleozoic formations in the Los Panales and cerro de Enmedio areas. The upper contact with the Lower Cretaceous Navarrete Formation is gradational. The age of La Casita Formation is restricted in its base by Los Panales intrusive with an Early Kimmeridgian age (156 ± 4 Ma). The intrusion is a microdioritic hypabyssal stock, which contains xenoliths of the Verde Formation (Middle Jurassic) near its contact.

The sandstones of the formation include two compositional petrofacies, a lithic petrofacies and a quartzose petrofacies. The lithic petrofacies is characteristic of El Pilon member, with detrital carbonate rock fragments; the quartzose petrofacies is present in La Parrita and El Tascate members indicating reduced tectonic activity on the flanks of the basin. The detrital zircon content of La Casita formation has sources in the Yavapai and Mazatzal basement provinces, Grenvillian and Pan-African basement, the Appalachian orogen, and the Permo-Triassic, Cordilleran magmatic and Nazas arcs, as well as a smaller contribution from Upper Jurassic rift igneous rocks.

The shallow marine environments that dominated the basin in Kimmeridgian-Tithonian time are consistent with depositional models in extensional rift basins. The fan delta of El Pilon member originated in early stages of the extensional basin, during which normal faulting created numerous depocenters partially connected by maritime channels. The depocenters were partially filled by carbonate rich detritus derived from the middle to Upper Jurassic and Paleozoic strata of the basin margins. The deposits of La Parrita y El Tascate members originated from marine transgressions that partially covered former source areas as topography

of the basin margins was reduced. During the middle Kimmeridgian, subduction-related magmatic events created volcanism to the west of the basin and provided pyroclastic material that was transported by winds and deposited in the basin.

1. INTRODUCCIÓN

En el Jurásico Tardío se registraron varias etapas de una importante transgresión marina que se extendió desde el Golfo de México, pasando por el norte de México (Cantú-Chapa, 1976, 1998; Eguiluz, 2001; Mauel *et al.*, 2008, 2011; Lawton y Molina-Garza, 2014) hasta el suroeste de EEUU (Bilodeau, 1982; Lawton y Olmstead, 1995; Dickinson y Lawton, 2001a) a través de cuencas extensionales originadas por un *slab rollback* durante la subducción de la placa Mezalera (Lawton y McMillan, 1999).

En el estado de Chihuahua existen pocos trabajos geológicos realizados que identifican la complejidad estructural en el levantamiento Plomosas, además de existir pocos fechamientos de rocas. Bridges (1962) fue de los primeros en investigar y mapear las formaciones de las áreas de Plomosas y Placer de Guadalupe nombradas por Burrows en 1909. Años después, Pemex realizó los Prospectos El Granero-Chapo y El Cuervo (García-Esparza, 1989a, 1989b) que son estudios de detalle estratigráfico-estructural en el centro-este del estado, con la finalidad de identificar formaciones con posibilidades de generar hidrocarburos y que actuaran como roca sello. Roberts (1989) realizó una investigación, en donde evaluó la historia sedimentaria y tectónica de los depósitos del área de Los Panales. Hennings (1994) realizó un transecto estructural a lo largo del Cinturón Plegado de Chihuahua, reconociendo un acortamiento de ~20 km para rocas paleozoicas y de ~11 km en rocas mesozoicas de la cuenca. Posteriormente se realizaron diversos estudios cartográficos a escala 1:50,000 por el Consejo de Recursos Minerales (ahora Servicio Geológico Mexicano; Herrera y Hernández, 2002; Chaparro y Loera, 2004; Hernández y García-Peralta, 2005).

El área de estudio se encuentra a ~80 km al noreste de la capital del estado de Chihuahua, dentro de la fosa de Chihuahua donde se depositaron los sedimentos siliciclásticos de la Formación La Casita. En este trabajo se realizaron secciones medidas en las áreas Los Panales y cerro de Enmedio, reconociéndose el tipo de roca y estructuras sedimentarias para identificar el tipo de ambiente de depósito; a la par de la medición de las secciones se recolectaron muestras de roca en el intrusivo Los Panales, así como en las formaciones Verde y La Casita para datar zircones magmáticos y zircones detríticos por el método de U-Pb. Además de la recolección de ammonites para su identificación y datación.

Los datos estratigráficos, petrográficos, paleontológicos y geocronológicos obtenidos en este trabajo proveen de nueva información para la interpretación del ambiente de depósito, la edad y composición litológica de la Formación La Casita y de formaciones cercanas en las áreas estudiadas; proporcionando una nueva perspectiva de la estratigrafía de la formación, que anteriormente no presentaba mucha afinidad entre las facies de las dos áreas.

2. OBJETIVOS

Describir las características estratigráficas de la Formación La Casita identificando los límites de sus diferentes miembros, así como reconocer su composición fósil para determinar el alcance de su edad.

Identificar las diferentes asociaciones de litofacies para interpretar los ambientes de depósito en el que se concentró el material siliciclástico de la Formación La Casita durante el Jurásico Superior.

Por medio de estudios petrográficos y geocronológicos determinar la composición y edad de la Formación La Casita y afloramientos cercanos; así como definir las posibles fuentes de procedencia de esta formación.

Determinar la paleogeografía del área identificando el tipo de cuenca en la que fue depositada la Formación La Casita, su relación con el basamento, rocas paleozoicas y arcos magmáticos.

3. MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio comprende dos zonas ubicadas en la parte oriental del centro en el estado de Chihuahua al norte de México, las cuales están dentro de la unidad tectónica conocida como la fosa de Chihuahua que incluye los afloramientos del Jurásico Superior de la Formación La Casita. La primera sección que se documentó es la que se ubica en la sierra de Chorreras en el cerro Los Panales, mientras que la segunda sección está en cerro de Enmedio, adyacente a la sierra de Plomosas (Fig. 1). Dentro de la fosa de Chihuahua se pueden encontrar amplios afloramientos mesozoicos y cenozoicos, y en menor cantidad afloramientos precámbricos y paleozoicos; además, se encuentra delimitada hacia el este por la Plataforma del Diablo, mientras que al oeste la limita la Plataforma de Aldama.

En el cerro Carrizalillo, al noreste del área Los Panales, se pueden observar afloramientos del basamento cristalino precámbrico hasta depósitos del Holoceno; mientras que en el área de Plomosas, afloran rocas con edades que abarcan desde el Paleozoico Inferior al Reciente. El basamento precámbrico está constituido por rocas gnéicas anfibolíticas y meta-graníticas correlacionables a las que afloran en la sierra del Cuervo (Fig. 1). En el área de Los Filtros se obtuvieron edades del Mesoproterozoico por el método K-Ar en hornblenda (Fig. 1; Ruiz *et al.*, 1988; Herrera y Hernández, 2002); mientras que Iriondo *et al.* (2004) obtuvieron una edad de 955 ± 4 Ma (U-Pb en circón) en un ortogneiss en el lado norte del cerro Carrizalillo. Estas rocas ígneas precámbricas fueron derivadas de magmas asociados a la orogenia grenvilliana (Haenggi, 2001), las cuales son parte del cratón de Norte América (Ruiz *et al.*, 1988).

Para las rocas del Paleozoico Inferior de esta área, Bridges (1962, 1964) propuso los nombres de formaciones Sostenes, Solís y Monillas; mientras que Herrera y Hernández (2002) usaron los nombres Bliss, El Paso, Cable Canyon y Montoya (Fig. 4). La sedimentación es principalmente carbonatada y clástica de grano fino, que conforman la cuenca Tobosa con un espesor que excede los 600 m que fue interrumpida por la orogenia Taconiana (Frenzel *et al.*, 1988). En este tiempo el área levantada de Plomosas-Placer de Guadalupe perteneció al margen pasivo sur de Pangea (Villarreal *et al.*, 2014). No hay mucha evidencia de tectonismo en el noreste de Chihuahua; únicamente las disconformidades encontradas en la Plataforma del Diablo y en el centro de Nuevo México pueden indicar plataforma expuesta y actividad tectónica para ese tiempo en el noreste de Chihuahua (Haenggi, 2001).

Por otra parte, para las rocas depositadas durante el Paleozoico Superior, Bridges (1962, 1964) reconoció a las formaciones Pastor, Plomosas y Verde; mientras que Herrera y Hernández (2002) propusieron nombrarlas como formaciones Percha, Escabrosa, Paradise, Horquilla y Plomosas, depositadas en la cuenca de Pedregosa en ese tiempo (Fig. 4). La cuenca pensilvánica fue reconocida por Kottlowski (1960) al sureste de Arizona, la cual evolucionó rápidamente de

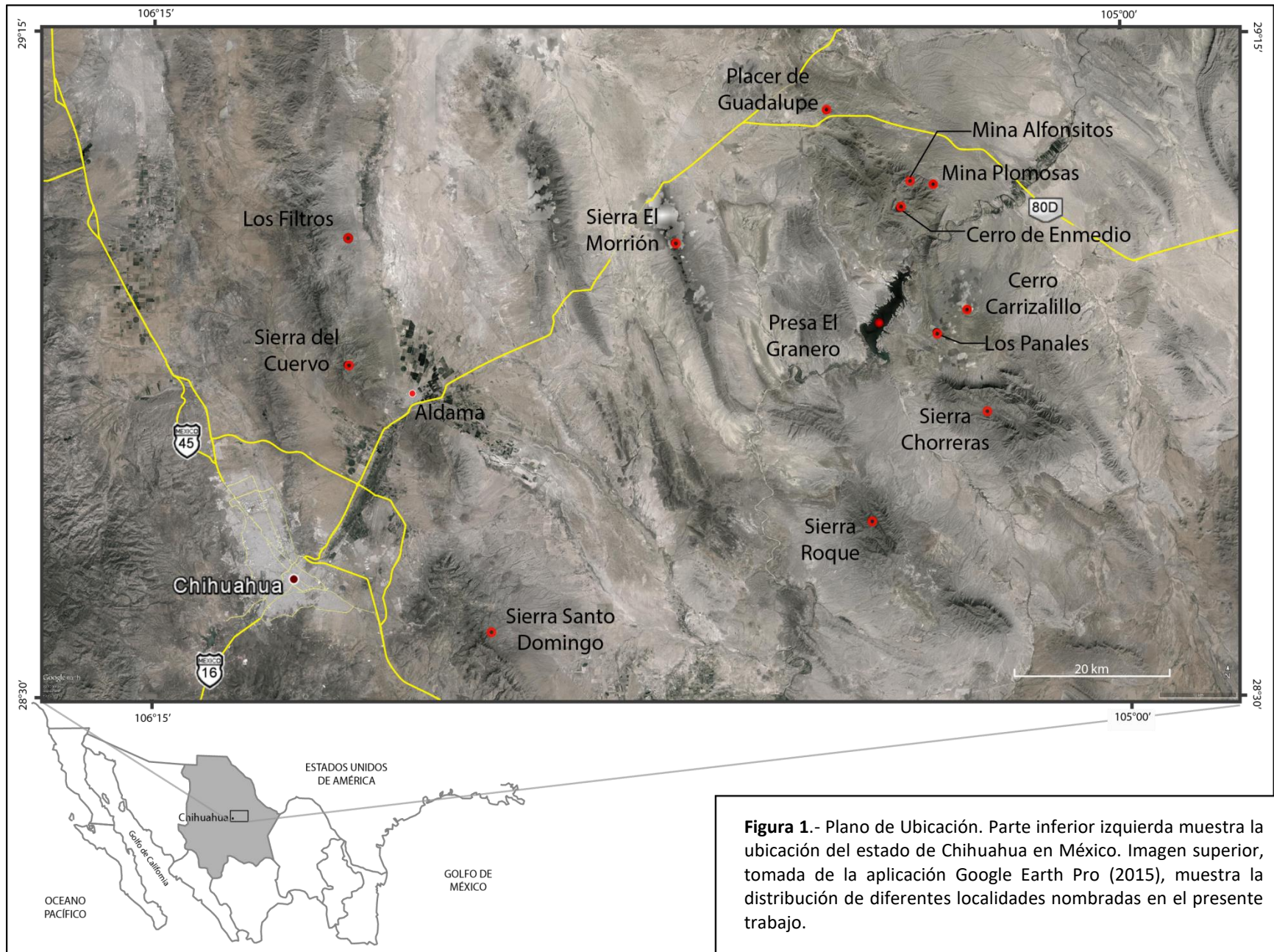
una plataforma a una cuenca profunda (Armin, 1987) y ha sido una característica del Paleozoico Tardío que influyó en la fosa de Chihuahua durante el Mesozoico (Haenggi, 2001).

Para el Paleozoico Tardío se registra plegamiento y fallamiento en el área de Placer de Guadalupe (Haenggi, 2001). Villarreal *et al.* (2014) propusieron que el área fue afectada por la orogenia Sonoma (descrita al lado occidental de Pangea) en el Pérmico-Triásico, debido a la existencia de fallas inversas con vergencia al suroeste; mientras que Barboza-Gudiño *et al.* (2016) propusieron que el área de Plomosas fue afectada por la deformación del cinturón Ouachita-Marathon-Sonora, ya que encontraron una discordancia del Pérmico-Triásico sobre unidades paleozoicas que exhiben pliegues y cabalgaduras con vergencia oeste-suroeste.

Hennings (1994) mencionó que el área de Plomosas fue levantada como resultado de acortamiento horizontal regional y fallamiento lateral izquierdo a lo largo de un rumbo noroeste. Barboza-Gudiño *et al.* (2016) propusieron que las cabalgaduras de Plomosas y Santo Domingo, donde los estratos del Carbonífero-Pérmico cabalgan sobre rocas del Jurásico Superior, pueden interpretarse como un fallamiento en flor a lo largo de este lineamiento propuesto por Hennings (1994), siendo esto la evidencia de la presencia de esta estructura regional hipotética de desplazamiento lateral izquierdo en el frente oriental de la Sierra Plomosa (Hennings, 1994; Busby, 2012).

Es necesario indicar que hasta hace poco tiempo se había designado que las formaciones Plomosas y Verde tenían una edad pérmica por sus relaciones estratigráficas (Bridges, 1962, 1964; Herrera y Hernández, 2002). Villarreal *et al.* (2014) y Barboza-Gudiño *et al.* (2016) documentaron que gran parte de estas formaciones fueron depositadas durante el Jurásico Inferior en una cuenca volcánico-siliciclástica de tras-arco; mientras que Ruiz-Urueña (comunicación personal) propone que la Formación Plomosas es de origen marino depositada en una cuenca de *rift* con una edad que se extiende del Triásico Tardío al Jurásico Medio.

Posteriormente, sobreyaciendo a las formaciones Plomosas y Verde en una discordancia angular, se encuentran depósitos de un conglomerado polimíctico deformado únicamente por la orogenia Laramide, los cuales han sido interpretados como parte o no del miembro basal de la Formación La Casita (Bridges, 1964; Roberts, 1989; Herrera y Hernández, 2002; Villarreal *et al.*, 2014; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016).



El *rift* del sistema extensional se desarrolló parcialmente en el ensamblaje del arco del Mesozoico Medio, y su inicio puede ser atribuido a un *slab rollback* de la subducción de la placa Mezcalera en los márgenes continentales de Gondwana, marcado por vulcanismo bimodal de un arco Jurásico Temprano a Medio (Lawton y McMillan; 1999) y dejando también como evidencia intrusivos y estratos de conglomerado del Jurásico Inferior y Medio (Dickinson y Lawton, 2001a; Eguiluz, 2001; Lawton y Molina-Garza, 2014; Villarreal *et al.*, 2014). Algunos autores mencionaron que el magmatismo del arco y la extensión intra-continental coexistieron en tiempo a lo largo del área del Golfo de México, de la fosa de Chihuahua, de las cuencas Bisbee y McCoy, precediendo al arco una fase de extensión (Bilodeau, 1982; Barboza-Gudiño *et al.*, 1998; Eguiluz, 2001).

El conglomerado que está a la base de la Formación La Casita en la fosa de Chihuahua, en el área de Los Panales y en cerro de Enmedio, probablemente se correlaciona con el conglomerado Glance de la cuenca Bisbee (Fig. 2, 3) por su origen tectónico extensivo tipo rifting, depositado en grabens o medios grabens limitados por fallas durante el Jurásico Tardío (Bilodeau *et al.*, 1982, 1987; González-León, 1994; Lawton y Olmstead, 1995; Dickinson y Lawton, 2001a, 2001b; Lawton, 2004; Lawton, 2014; Mauer *et al.*, 2008, 2011). Bilodeau *et al.* (1982, 1987) mencionaron que los depósitos de conglomerado al sureste de Arizona formaron abanicos aluviales a lo largo de márgenes con rumbo oeste-noroeste en dichos grabens. Por otra parte, Lawton y Olmstead (1995) propusieron que en las Montañas Chiricahua en el sureste de Arizona, Glance está compuesto por depósitos de abanico deltaico provenientes de abanicos aluviales y depósitos fluviales (Fig. 2); mientras que Mauer *et al.* (2008, 2011) en Sonora mencionaron que el conglomerado aluvial de la Formación Cucurpe fue directamente cubierto por depósitos prodeltaicos, lo que registra una rápida subsidencia por el *rift* y transgresión marina seguida por progradación marina de depósitos prodelta (Fig. 2). En la localidad del cerro de Enmedio, debajo del conglomerado basal de la Formación La Casita se encuentran flujos de riolita dentro de la Formación Plomosas, que muestran un aparente fallamiento lateral (Chaparro y Loera, 2004); sin embargo, existe evidencia de engrosamiento y estratos de crecimiento en el conglomerado basal de la Formación La Casita (descritos en el capítulo 5), por lo que se puede considerar que este fallamiento en la riolita puede estar relacionado a la tectónica extensiva y a la existencia de grabens o medios grabens en el área.

La orogenia Laramide en el estado de Chihuahua formó el cinturón plegado de Chihuahua, deformando rocas proterozoicas, paleozoicas y mesozoicas. El plegamiento y fallamiento tiene un rumbo principal noroeste-sureste y cabalgamiento con vergencia al suroeste (Bridges, 1962; García-Esparza, 1989a; Hennings, 1994; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016). Hennings (1994), construyó un transecto estructural a lo largo de la parte sur del cinturón plegado, desde Ojinaga a Aldama. Dividió la parte sur del cinturón en dos alóctonos (este y oeste) con vergencia bidireccional; el área de estudio en Plomosas, se encuentra dentro del alóctono oeste con

vergencia al suroeste. Este autor propuso que el área de Plomosas fue levantada debido a acortamiento horizontal de aproximadamente 7 km y fallamiento con rumbo noroeste. Mencionó que el levantamiento Plomosas es una compleja estructura en forma de domo, la cual ha sido deformada y ha expuesto rocas Paleozoicas. Hennings (1994) también propuso que el levantamiento Plomosas puede ser modelado como un pliegue de flexión de falla con vergencia al suroeste, con muchas cabalgaduras; además mencionó que el cerro Carrizalillo que contiene una parte del basamento precámbrico cabalgó sobre la Formación Plomosas, mostrando un “detachment” por parte de las rocas precámbricas de la región.

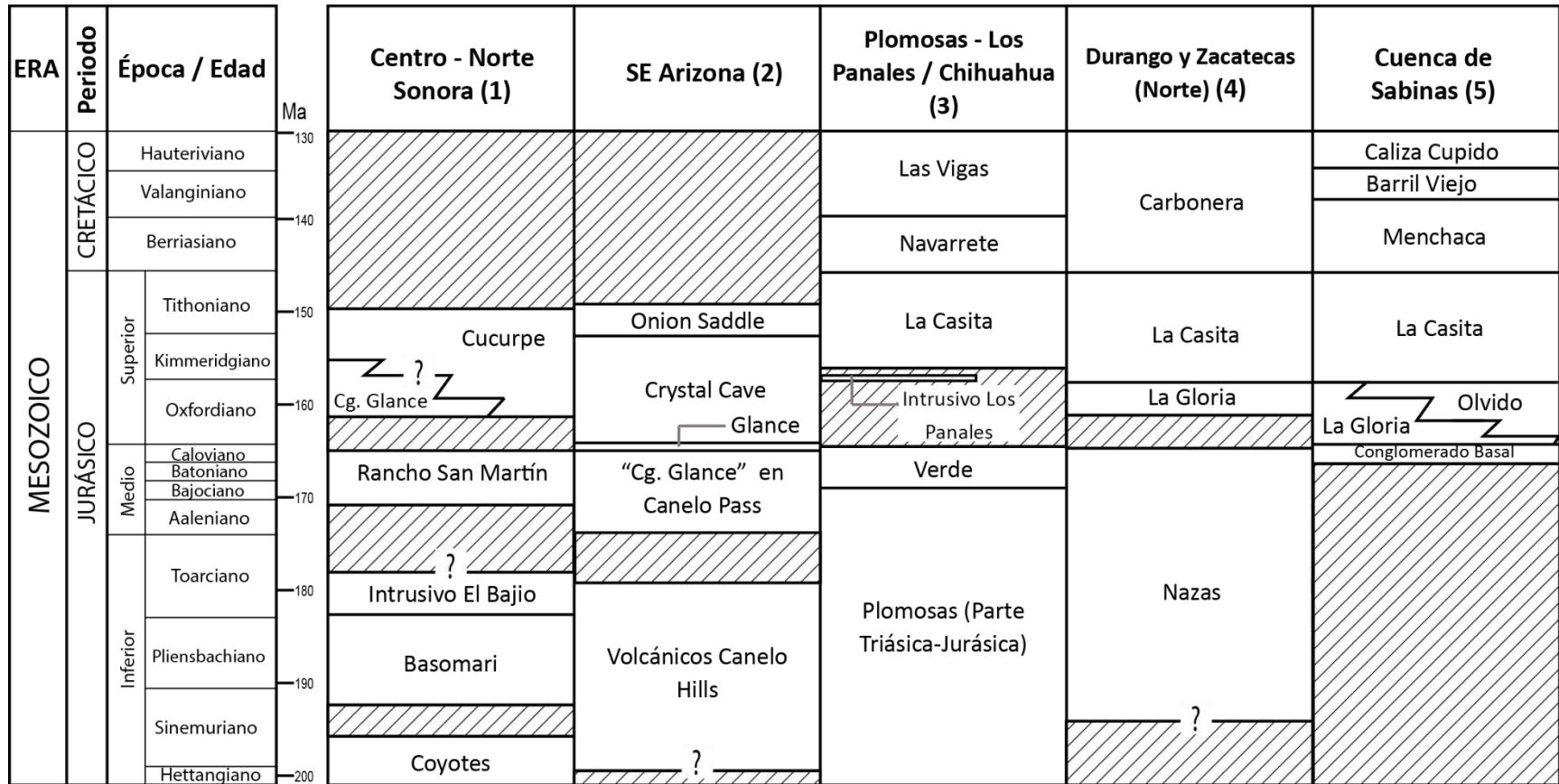


Figura 2.- Tabla cronoestratigráfica y de correlación de la Fm La Casita. Fuente de datos: (1) Mael *et al.* (2011), Leggett, W.J. (2009), González-León, *et al.* (2009); (2) Lawton y Olmstead (1995), Gilbert, J.C. (2012); (3) Ruiz-Urueña (comunicación personal); (4) McLeroy & Clemons (1965), Lawton y Molina-Garza (2014); (5) Eguiluz (2001).

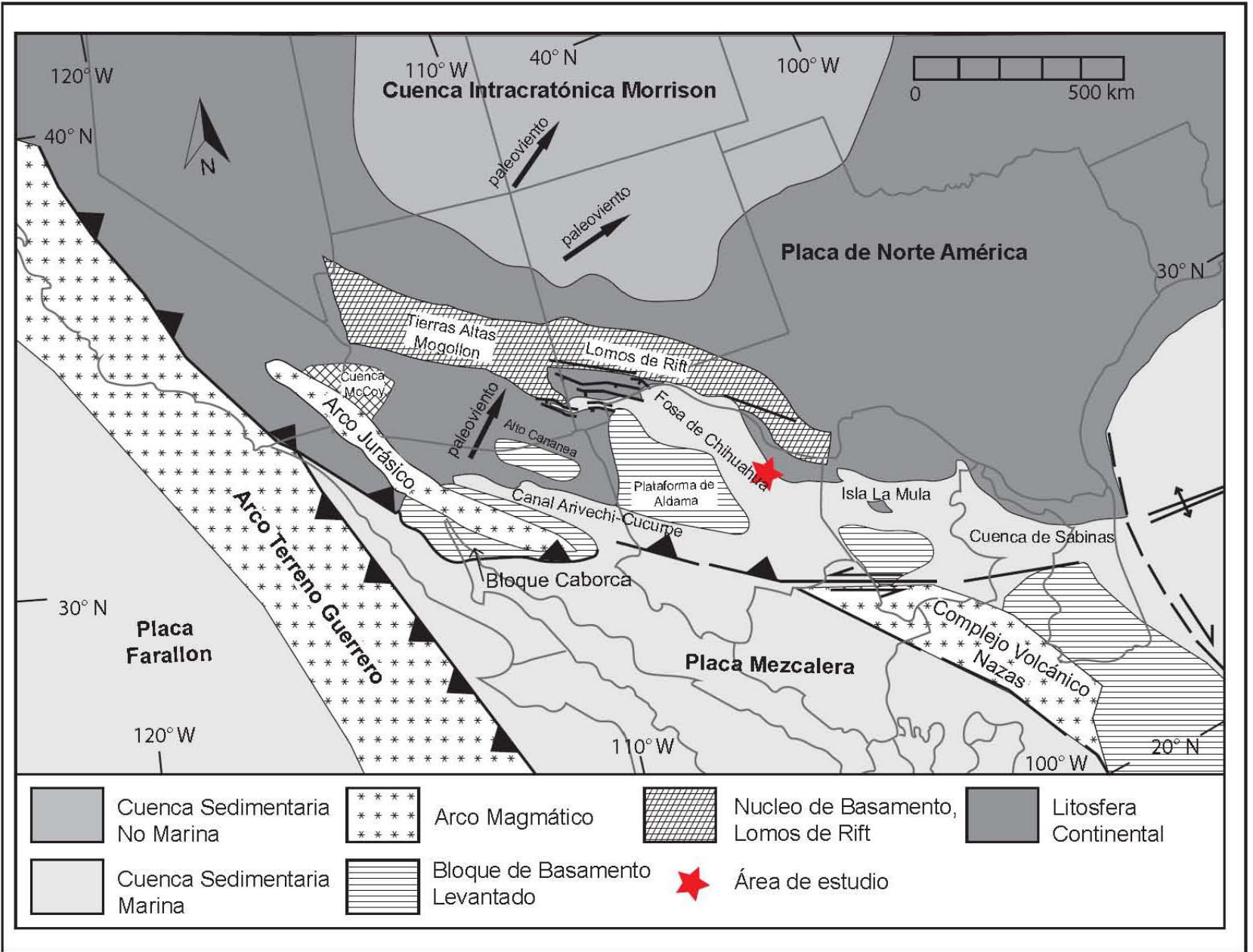


Figura 3.- Interpretación paleogeográfica en el Jurásico con la ubicación de las localidades Los Panales y cerro de Enmedio. Tomada de Manuel et al. (2011).

4. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL EN LA FOSA DE CHIHUAHUA

Las áreas de estudio donde aflora la Formación La Casita se encuentran en el sector centro-este del estado de Chihuahua, donde se observan escasos afloramientos del basamento cristalino precámbrico y rocas paleozoicas, las cuales se encuentran cubiertas por rocas más jóvenes del Mesozoico y Cenozoico.

Historia de la nomenclatura estratigráfica en la fosa de Chihuahua

La nomenclatura que se usa en la fosa de Chihuahua es variada, debido a que se han dado diferentes nombres formacionales a los lechos rocosos, además de que se han propuesto diferentes rangos de edad y diferentes espesores; sin embargo, han sido aceptados y usados en diferentes trabajos realizados en el estado de Chihuahua, como es el caso de las áreas de estudio, donde se han utilizado dos diferentes nomenclaturas para las rocas paleozoicas (Fig. 4).

Las rocas Paleozoicas cercanas a los afloramientos estudiados de la Formación La Casita se pueden observar en el cerro Carrizalillo y el cerro de Enmedio. Bridges (1964) propuso los nombres de Sóstenes, Solís, Monillas, Pastor y Plomosas para las rocas que afloran en el área de Plomosas y Placer de Guadalupe. Otros autores utilizaron la nomenclatura propuesta en Nuevo México y Arizona (Richardson, 1904, citado en Bachman, 1968) para el Paleozoico Inferior como arenisca Bliss, caliza El Paso (correlacionable con la Formación Sóstenes), arenisca Cable Canyon y Formación Montoya. Para el Paleozoico Superior, García-Esparza (1989a) indicó que Gordon (1907) propuso el nombre de Lutita Percha, Ransome (1904) propuso el nombre de Caliza Escabrosa, Stoyanow (1926) propuso el nombre de Formación Paradise, la cual es correlacionable con la Formación Monillas de Bridges (1964) y Gilluly *et al.* (1954) propusieron el nombre de Formación Horquilla. Burrows (1909) propuso el nombre de Formación Plomosas para una serie de unidades que actualmente pueden ser separadas. Cabe señalar que la Formación Verde fue nombrada informalmente por Bridges (1962) y los usuarios de la mina de Plomosas, haciendo referencia al color verde de la Formación.

En el presente trabajo se decidió utilizar la nomenclatura utilizada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM) para evitar contribuir a la sinonimia que se ha generado y que esta nomenclatura sea más uniforme en el estado de Chihuahua.

Era	Período	Época / Edad	Bridges (1964)	Roberts (1989)	SGM* (2002, 2004)	Villarreal et al. (2014)	Barboza et al. (2016)	Tarango-Terrazas (Este trabajo)			
MESOZOICO	CRETÁCICO	Hauteriviano	Las Vigas	Navarrete	Las Vigas			Las Vigas			
		Valanginiano			Navarrete			Navarrete			
		Berriasiano			La Casita			La Casita	La Casita		
	JURÁSICO	Superior	Titoniano	La Casita	La Casita	La Casita	La Casita	La Casita	La Casita		
			Kimmeridgiense						Conglomerado	Capas Jurásicas	Intrusivo Los Panales
			Oxfordiano								
		Medio	Verde	Plomosos	Plomosos	Verde					
	Inferior										
	TRIÁSICO	Superior	Riolita (DeCserna 1986)		Granito Permico	Granito Triásico	Flujo Riolítico	?	Plomosos (Capas Triásicas-Jurásicas)		
		Medio									
		Inferior									
	PALEOZOICO	PERMICO	Superior	Plomosos	Plomosos	Verde		Plomosos	Plomosos inferior		
Medio			Plomosos								
Inferior											
CARBONIFERO		Pennsylvánico	Pastor	Pastor	Horquilla	Horquilla	Pastor	Horquilla			
		Mississippiense	Monillas		Paradise	Paradise	Monillas	Paradise			
		Escabrosa			Escabrosa	Escabrosa					
DEVÓNICO		Superior	Solís		Percha	Percha		Percha			
		Medio									
		Inferior									
SILURIANO		Superior	Sóstenes				Sóstenes	Montoya			
		Medio						Cable Canyon	Cable Canyon		
		Inferior						El Paso	El Paso		
CÁMBRICO	Superior			Bliss			Bliss				

Figura 4.- Historia de la nomenclatura estratigráfica de la fosa de Chihuahua. * Servicio Geológico Mexicano; estrella equivale a edades U-Pb obtenidas en este trabajo.

Basamento precámbrico

El basamento precámbrico aflora en el cerro Carrizalillo que se encuentra aproximadamente a 5 km al noreste del área de estudio Los Panales y en el área de Los Filtros cercana a la sierra El Cuervo (Fig. 1). El basamento está compuesto por rocas gnéicas anfibolíticas, metasedimentarias, meta-graníticas, anfibolitas y pegmatitas (García-Esparza, 1989a; Herrera y Hernández, 2002). Estas rocas pueden ser correlacionables con las del basamento que aflora en la sierra del Cuervo. García-Esparza (1989a) mencionó que la anfibolita que aflora en el cerro Carrizalillo fue nombrada por Quintero (1985) como Anfibolita El Carrizalillo, la cual está intrusionada por pegmatitas con poca muscovita.

Se han reportado diferentes edades para el basamento; la primer edad reportada en el área de Los Filtros fue por Mauger *et al.* (1983) los cuales obtuvieron edades mesoproterozoicas de 1024 y 1037 Ma por el método K-Ar en hornblenda (Herrera y Hernández, 2002; Ruiz *et al.*, 1988). Iriondo *et al.* (2004) obtuvieron una edad de 955 ± 4 Ma en un ortogneiss al norte del cerro Carrizalillo.

Paleozoico

Formación Bliss

Richardson (1904) propuso el nombre de arenisca Bliss (Bachman, 1968; García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004) para una secuencia arenosa basal del Paleozoico, al este del Fuerte Bliss en El Paso, Texas. Kelly y Silver (1952) fueron los que propusieron que la Arenisca Bliss fuera ascendida en rango, otorgándole el nombre de Formación Bliss (García-Esparza, 1989a).

La localidad tipo presenta afloramientos de arenisca masiva, de textura fina, color marrón (Bachman, 1968); mientras que en Nuevo México esta formación muestra arenisca y cantidades variables de conglomerado y caliza (Amato y Mack, 2012); mientras que los afloramientos descritos en el cerro El Carrizalillo en Chihuahua contienen arenisca gruesa y conglomerática a la base, cuyo tamaño de grano decrece hacia la cima (García-Esparza, 1989a). Su composición ha sido definida como cuarzoarenita, con algunos estratos de subarcosa, arcosa y limolita subordinada cerca de la base (Amato y Mack, 2012; García-Esparza, 1989a). Su espesor varía en Texas y Nuevo México desde pocos metros hasta más de 90 m, con un contacto superior concordante y un contacto inferior discordante (Bachman, 1968; Amato y Mack, 2012); sin embargo, en el cerro Carrizalillo se han identificado hasta 225 m de espesor y un contacto subyacente discordante con las rocas Precámbricas (García-Esparza, 1989a).

Richardson (1904) propuso una edad cámbrica con base en la fauna encontrada en la localidad tipo (braquiópodo *Lingulepsis*). Un estudio más reciente realizado por Amato y Mack (2012) en el área de Nuevo México, donde recolectaron diferentes fósiles (trilobites, conodontos y

graptolites) y realizaron la geocronología de circones detríticos, obtuvieron una edad máxima de depositación del Cámbrico Medio, la cual es consistente con los fósiles que encontraron de edad Cámbrico Tardío al Ordovícico Temprano.

Los afloramientos del cerro El Carrizalillo en Chihuahua muestran que la secuencia fue depositada durante una transgresión marina sobre las rocas Precámbricas (García-Esparza, 1989a); por otra parte los afloramientos que se encuentran al sur de Nuevo México muestran una arenisca depositada en líneas de costa, en un ambiente marino somero, con influencia de sedimentos fluviales en la base de la formación (Amato y Mack, 2012).

Formación El Paso

Richardson (1904) nombró a la Caliza El Paso, la cual está constituida por calizas del Ordovícico que afloran en las montañas Franklin cerca de El Paso, Texas (Bachman, 1968; García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). Para 1909 el mismo autor dividió estas calizas en dos, restringiendo el nombre de El Paso a la unidad calcárea con fauna del Ordovícico Inferior (García-Esparza, 1989a); mientras que, Cloud y Barnes (1948) le dan el rango de formación a esta unidad calcárea (García-Esparza, 1989a). En la región de la mina Plomosas y Placer de Guadalupe, Bridges (1966) asigna el nombre de Formación Sóstenes a rocas correlacionables con la Caliza El Paso.

La sucesión está constituida por estratos medios a gruesos de color gris a café claro, tiene una base constituida por wackestone y packstone (con crinoides, moluscos y bioclastos) y una cima de mudstone arcilloso con crinoides en el cerro de Enmedio (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004); donde Chaparro y Loera (2004) obtuvieron un espesor de 140 m, mientras que García-Esparza (1989a) mencionó un espesor de 325 m en la misma localidad. En el cerro Carrizalillo se puede apreciar que la base de esta formación está constituida por mudstone gris muy recristalizado en estratos delgados y hacia la cima se observa mudstone dolomitizado en estratos gruesos y masivos con escasas intercalaciones de lutita; con ambos contactos concordantes, en una sección de 240 m (García-Esparza, 1989a).

La edad propuesta para la Formación El Paso es Ordovícico Inferior al Superior con base en su contenido fósil de crinoides, moluscos, bioclastos, algas, braquiópodos, nautiloideos y *Maclurites* sp. (García-Esparza, 1989a). La sucesión fue depositada en un ambiente nerítico en facies de plataforma, que tuvo lugar durante un evento transgresivo, en aguas someras (Bridges, 1966, García-Esparza, 1989a).

Formación Montoya

La Caliza Montoya fue introducida y descrita por Richardson (1908, 1909), la cual está compuesta por aproximadamente 76 m de estratos de caliza que descansan entre la Caliza El

Paso y Fusselman en las montañas Franklin. Kelly and Silver (1952) propusieron subirlo al rango de grupo en las Montañas Caballo y nombraron cuatro miembros Arenisca Cable Canyon, Dolomita Upham, Aleman y Cutter (Bachman, 1968, 1969; García-Esparza 1989a); sin embargo, en el área de Placer de Guadalupe y cerro de Enmedio, García-Esparza (1989a) propone el nombre de Formación Montoya.

Esta formación aflora en los cerros Carrizalillo y Enmedio, y en el área de Placer de Guadalupe (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). Ha sido descrita como una sucesión de calizas recristalizadas de estratos gruesos y delgados, compuesta por mudstone, wackestone y packstone con bioclastos, crinoides, algas, ostrácodos y moluscos, intercalada con algunos horizontes delgados arcillosos, con la presencia de nódulos y bandas de pedernal a diferentes niveles; con un espesor de 128 m en el cerro de Enmedio y 252 m en el cerro Carrizalillo (García-Esparza, 1989a). El contacto subyacente es concordante con la Arenisca Cable Canyon y el contacto superior es discordante con la Formación Percha (Chaparro y Loera, 2004). Se ha interpretado que esta sucesión fue depositada en un ambiente nerítico con facies de plataforma en un evento transgresivo con aporte de sedimentos terrígenos (García-Esparza, 1989a), durante el Ordovícico (García-Esparza, 1989a) u Ordovícico Superior (Chaparro y Loera, 2004).

Miembro: Arenisca Cable Canyon

Darton (1917) definió esta arenisca que se encuentra en la base de la Formación Montoya (Bachman, 1968) con localidad tipo en las Montañas Caballo en Arizona. La Arenisca Cable Canyon corresponde con la arenisca que Bridges (1964) marcó en la cima de la Formación Sóstenes en las áreas de Plomosas y el Placer de Guadalupe. García-Esparza (1989a) propuso que se le nombre Formación Cable Canyon por su alcance regional en los estados de Chihuahua y Arizona, y en las montañas Big Hatchet de Nuevo México.

La arenisca Cable Canyon está compuesta por cuarzoarenita de grano fino, bien redondeado, con bioclastos de crinoides y cementante calcáreo, dispuesta en capas delgadas a gruesas; con intercalaciones de horizontes delgados de limolita. La arenisca tiene un espesor promedio de 10 m en los cerros del Carrizalillo, Enmedio y Placer de Guadalupe y contactos concordantes con las formaciones El Paso y Montoya (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004).

Esta arenisca representa un cambio con respecto a la sedimentación carbonatada que la subyacen y sobreyacen (García-Esparza, 1989a); por lo que se ha interpretado como un depósito terrígeno en una zona litoral en un ambiente restringido del Ordovícico Medio a Tardío (Chaparro y Loera, 2004).

Formación Percha

Gordon y Graton (1907) denominaron una secuencia de lutitas con edad devónica como Lutita Percha, localizada al sureste de Nuevo México; posteriormente, Kelly y Silver (1952) propusieron nombrarla Formación Percha (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004).

Esta formación aflora en los cerros de Enmedio, Carrizalillo y en Placer de Guadalupe, y está compuesta por lutita cuyo color varía de gris a negro, intercalada con mudstone arcilloso y dispuestos en estratos delgados a laminares. Las lutitas contrastan entre las calizas del Ordovícico y calizas del Mississípico, con algunos braquiópodos y bioclastos en el área de Placer de Guadalupe. La formación tiene un espesor que varía entre 24 a 60 m, con un contacto inferior discordante y contacto superior concordante con la Formación Escabrosa (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). Se propuso que esta sucesión fue depositada en un ambiente nerítico de plataforma abierta y cuya edad es del Devónico, basándose en fauna encontrada (García-Esparza, 1989a).

Formación Escabrosa

En 1904 Ransome dio el nombre de Caliza Escabrosa a unas calizas del Mississípico en las Montañas Escabrosas en Arizona, dándole también el rango de formación (García-Esparza, 1989a). Esta formación se observa aflorando en los cerros Carrizalillo, Enmedio y Placer de Guadalupe, compuesta por calizas de color claro con una textura deposicional que varía desde mudstone hasta grainstone, con una fauna correspondiente a crinoides, braquiópodos, ostrácodos y bioclastos, con nódulos y lentes de pedernal ubicados en diversas posiciones en la sección. Las calizas están dispuestas en estratos medios, gruesos y masivos, con algunas intercalaciones de lutita laminar hacia la cima. La formación tiene un espesor que varía entre 50 a 230 m en las diferentes localidades y con su contacto subyacente y suprayacente concordantes (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). El ambiente de depósito es de plataforma somera (García-Esparza, 1989a).

Formación Paradise

La Formación Paradise nombrada por Stoyanow (1926) consiste en una sucesión de caliza clástica y lutitas en estratos delgados de color café que afloran en la sierra Chiricahua, en Arizona cercano a la localidad de Paradise Valley (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004).

Esta formación en los cerros Carrizalillo, Enmedio y Placer de Guadalupe presenta una litología de lutita y limolita, de color gris oscuro y rojizo, con algunas intercalaciones de arenisca, mudstone y wackestone, con nódulos y bandas de pedernal en diferentes niveles de las secciones medidas. Los espesores reportados varían de 40 a 69 m en las diferentes localidades

antes mencionadas, y cuyos contactos sobreyacentes y subyacentes son concordantes (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). Esta formación fue depositada en plataforma externa (García-Esparza, 1989a).

Con base en la fauna encontrada por Bridges (1964, 1966) en la porción superior de la formación que él nombró como Monillas y que es correlacionable con la Formación Paradise, se puede dar una edad del Mississípico Superior al Pensilvánico Inferior, esto con base en braquiópodos de los géneros *Leiorhynchus* y *Chonetes*, además de gasterópodos como *Glabrocingulum* (Chaparro y Loera, 2004).

Formación Horquilla

Ransome (1904) nombró a la Caliza Naco, la cual es una sucesión de calizas en las Montañas Naco, al sureste de Arizona; sin embargo Gilluly *et al.* (1954) elevaron el rango de la Caliza Naco a Grupo Naco, la cual fue dividida en las formaciones Horquilla, Earp, Colina, Epitaph, Scherrer y Concha (orden ascendente; García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). La Formación Horquilla corresponde a la Formación Pastor que describió Bridges (1964).

La Formación Horquilla aflora en los cerros Carrizalillo, Enmedio y Placer de Guadalupe y la litología que se identificó es mudstone, dolomía, wackestone y packstone, en estratos masivos y gruesos, con nódulos y lentes de pedernal. El espesor que se ha reportado varía entre 270 y 430 m en las diferentes localidades; además, los contactos de la Formación Horquilla tanto Inferior como superior son concordantes (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). En esta formación se han identificado crinoides, fusulínidos, braquiópodos, briozoarios, moluscos, ostrácodos, y bioclastos; la edad Pensilvánica se estima con base en *Fusulina* sp., *Triticites* sp., *Millerella* sp., *Paleotextularia* sp., briozoarios, *Profusulinella* sp. (García-Esparza, 1989a). El ambiente de depósito es nerítico de plataforma (García-Esparza, 1989a).

Arrecifes y rocas del Pérmico (Plomosas inferior)

Burrows (1909) nombró a la Formación Plomosas localizada en el área de la mina de Plomosas (Fig. 1), la cual está compuesta por estratos de areniscas, limolita y conglomerados mineralizados (Bridges, 1962, 1964; Chaparro y Loera, 2004; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016). Posteriormente Bridges (1962, 1964) señaló que gran parte de las rocas interpretadas por Burrows son estratos mineralizados de la Formación La Casita del Jurásico Tardío; mientras que el área que Bridges (1964) redujo del trabajo de Burrows, la llamó unidad 5 o formación Plomosas "restricted". Esta sucesión fue dividida en cuatro partes, unidad 5 no diferenciada, el arrecife, la riolita y la "Formación Verde". Sin embargo, recientemente Barboza-Gudiño *et al.* (2016) realizaron un estudio donde determinaron que gran parte de las rocas que Bridges (1962, 1964, 1966) había señalado como paleozoicas son en realidad parte del Jurásico. Por lo

tanto, según Barboza-Gudiño *et al.* (2016) las calizas arrecifales, la Formación Verde y parte de la unidad 5 no diferenciada, quedarían como unidades paleozoicas; mientras que otras unidades, como la Formación Plomosas, son del Jurásico (Barboza-Gudiño *et al.*, 2016).

La parte paleozoica de la unidad 5 no diferenciada, descrita por Barboza-Gudiño *et al.*, (2016) aflora alrededor de la Mina Alfonsitos (Fig. 1) y en partes bajas de cañadas. Está compuesta por areniscas con estratificación cruzada con comunes horizontes con nódulos o concreciones de carbonato; a estos estratos les llama informalmente "capas Alfonsitos".

Las calizas arrecifales son descritas como caliza parcialmente dolomitizada con recristalización, parte de un complejo de parches arrecifales desarrollados en aguas poco profundas con crinoides, esponjas, algas, pelecípodos, braquiópodos y fusulínidos (Bridges, 1962, 1966; Montgomery, 2004; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016). El núcleo de este arrecife es masivo y su base no está expuesta, con un espesor medido de 100 m, aunque se estima que puede alcanzar hasta 350 m (Bridges, 1966). El depósito de facies arrecifales ocurrió sobre una superficie irregular, la cual fue originada por deformación tectónica y que afectó rocas subyacentes (Bridges, 1966). Las rocas arrecifales se caracterizan por su contenido de fusulínidos del Pérmico del Wolfcampiano Tardío y posiblemente Leonardiano Temprano (Bridges, 1964; Montgomery, 2004).

Mesozoico

Granitos del Triásico-Jurásico

Cercanos a las áreas de estudio se pueden encontrar algunos cuerpos graníticos, para los cuales se había propuesto una edad del Pérmico Inferior al Triásico basándose en la posición estratigráfica (Hernández y García, 2005). Sin embargo, en su trabajo Villarreal *et al.* (2014) dataron dos granitos en el área de Placer de Guadalupe, obteniendo una edad del Triásico Superior (209 ± 3 Ma). Estas intrusiones pueden ser la evidencia del inicio de un sistema de subducción y de la formación de un arco magmático del Triásico Tardío al Jurásico Medio (Villarreal *et al.*, 2014).

Formación Plomosas (Parte triásica-jurásica)

Burrows (1909) nombró la Formación Plomosas que se localiza en el área de la mina de Plomosas (Ramírez y Acevedo, 1957; Bridges, 1962, 1964; Chaparro y Loera, 2004; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016); siendo Barboza-Gudiño *et al.* (2016) quienes reportaron recientemente que afloramientos considerados como paleozoicos son realmente parte del Jurásico Inferior, basándose en las relaciones de campo y geocronología.

Barboza-Gudiño *et al.* (2016) indicaron que sobre la unidad 5 no diferenciada o "capas Alfonsitos" con edad pérmica existe una discordancia erosional y angular entre el Mesozoico y Paleozoico, donde se pueden encontrar sobreyaciendo areniscas, conglomerados y brechas; estos depósitos los interpretan como depósitos de facies de abanicos aluviales de alta energía en el margen de la cuenca. Ruiz-Urueña (comunicación personal) identificó una sucesión compuesta de limolita, arenisca, conglomerado, caliza e ignimbrita en las áreas que se encuentran en cerro de Enmedio y entre cerro Carrizalillo y Los Panales; mientras que entre el cerro Carrizalillo y Los Panales hay secciones medidas de 3000 a 4000 m de espesor de esta formación conformada por lutita, limolita, conglomerado y arenisca, interpretados como depósitos de un ambiente marino somero (Dyer y Reyes-Cortes, 1987; Roberts, 1989). Además, en el área del cerro de Enmedio se puede encontrar un derrame de riolita que fue cartografiado por Bridges (1962). Este derrame consiste en una roca color gris con fenocristales de feldespatos y cuarzo, y presenta un arreglo en forma de flujo laminar en sus cristales. El espesor de la unidad es de 25 a 30 m, con una longitud de aproximadamente 3 km. De Cserna *et al.* (1968) obtuvieron una edad de 270 ± 30 Ma por el método de plomo-alfa para este flujo riolítico. Este mismo cuerpo riolítico fue datado por Barboza-Gudiño *et al.* (2016) del cual obtuvieron una edad del Jurásico Inferior (183 Ma) con el método de U-Pb, Ruiz-Urueña (comunicación personal) que consiguió una edad de 176 ± 0.6 Ma por el mismo método e Iriondo y McDowell (2011) consiguieron una edad de 172 ± 1 Ma. Ruiz-Urueña (comunicación personal) estimó con circones detríticos que la base de la Formación Plomosas se encuentra en el Triásico Superior (Noriano, ~ 226 Ma) y la cima tiene una edad del Jurásico Medio (Bajociano, ~ 169 Ma).

Formación Verde

El nombre de Formación Verde fue adoptado por Bridges (1962) para una secuencia color verde, que se encuentra aflorando en las partes bajas y en periferias de sierras, al norte de Placer de Guadalupe, al noroeste de Plomosas, en la mina de Plomosas, al este del cerro La Sofía, sureste del cerro de Enmedio (Chaparro y Loera, 2004; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016) y junto al Intrusivo Los Panales.

La Formación Verde está constituida por areniscas (cuarzoarenita a subarcosa), brechas polimícticas, limolitas y depósitos vulcanogénicos, con zonas de brechas cataclásticas (Fig. 5, 6) (Bridges 1962, 1966; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016). El color verde característico de esta formación se debe a la presencia de clorita (Bridges, 1962). Barboza-Gudiño *et al.* (2016) indicaron que la coloración verde no ocurre en toda la unidad, aunque parece restringirse en la misma, podría afectar otras unidades estratigráficas. Bridges (1966) estimó un espesor variable entre 350 y 700 m al noroeste de Placer de Guadalupe; mientras que en el cerro de Enmedio García (1990, citado en Chaparro y Loera, 2004) estimó que tiene un espesor de 228m.

Al norte del Intrusivo Los Panales se observó una brecha polimíctica mal clasificada con fragmentos principalmente de argilita que varían desde 0.5 hasta más de 20 cm de diámetro, subredondeados a subangulosos, envueltos en una matriz lodosa (Fig. 6). Se recolectaron dos muestras (14LP02, 14LP03) con las que se realizaron análisis petrográficos y fechamiento por U-Pb en circones (Tablas 3 y 7). Al microscopio la matriz de la brecha contiene un tamaño de grano que varía entre 0.2 a 2.0 mm, con un grado de redondeamiento muy amplio de subanguloso a redondeado, y con contactos que varían entre cóncavo-convexos a rectos. Estas muestras contienen principalmente fragmentos líticos volcánicos (Lv) redondeados que muestran metamorfismo termal de bajo grado en forma de bordes irregulares rodeados por actinolita o tremolita fibrosas. Los líticos están envueltos por matriz de feldespato potásico, cuarzo monocristalino subangular con extinción recta y extinción ondulante, y en menor cantidad cuarzo policristalino (Fig. 7). Se observó como cementante calcita y minerales de alteración propilítica con un hábito acicular. Los líticos son los de mayor presencia en la roca, por lo que se puede deducir que su fuente se encuentra cercana; mientras que el cuarzo monocristalino está fracturado y subredondeado, indicando un transporte probable lejano a la cuenca de depósito. Estas rocas aparentemente contienen una textura clástica, indicando que se trata de una probable brecha de colapso. Probablemente el metamorfismo en estas rocas sea posterior al brechamiento, posiblemente por el contacto con el intrusivo Los Panales.

El contacto subyacente de la Formación Verde con respecto a la Formación Plomosas es concordante y subyace a la Formación La Casita de forma discordante; sin embargo, puede encontrarse cabalgando a otras formaciones (Bridges, 1962, 1966; Chaparro y Loera, 2004). En el área de Los Panales se puede observar como es intrusionada por el Intrusivo Los Panales. Bridges (1966) interpretó que esta formación fue depositada en un área marginal baja de aguas marinas o no marinas; por otra parte Barboza-Gudiño *et al.* (2016) interpretaron que los depósitos sedimentarios son parte de un ambiente fluvial o fluvio-lacustre de aguas someras y que las secuencias volcanosedimentarias están vinculadas con un arco volcánico continental.

Chaparro y Loera (2004) proponen una edad del Pérmico Superior con base en la posición con respecto al resto de la columna. Barboza-Gudiño *et al.* (2016) indicaron una edad Carbonífero-Pérmico? para esta formación, basándose en la datación de circones detríticos por el método de U-Pb donde obtuvieron una edad máxima del depósito de ~341 Ma, debido a que no obtuvieron circones detríticos más jóvenes durante su muestreo. Sin embargo, con las relaciones estratigráficas observadas en campo, los fechamientos U-Pb de este trabajo y con los datos obtenidos por Ruiz-Urueña (comunicación personal) se estima que la Formación Verde fue depositada durante el Jurásico Medio en la parte alta del Bajociano al final del Caloviano.



Figura 5.- Vista del afloramiento de donde se obtuvo la muestra 14LP03 en la Formación Verde en el área de Los Panales. La longitud del martillo es 33 cm.



Figura 6.- Detalle del afloramiento en la Formación Verde la cual muestra una brecha oligomítica con matriz limosa, tiene una apariencia craquelada; moneda con diámetro de 2.1 cm.

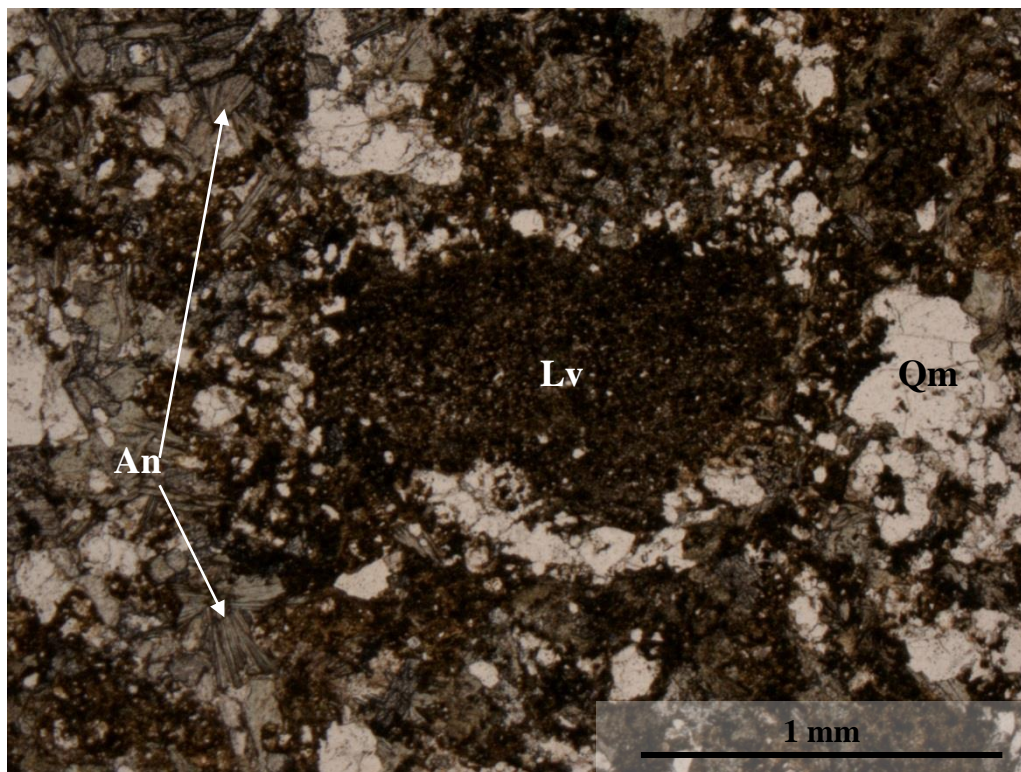


Figura 7.- Fotomicrografía de la Formación Verde (14LP02) contiene al centro un lítico volcánico (Lv) rodeado por cuarzo monocristalino (Qm) y anfíbol (An).

Intrusivo Los Panales

El intrusivo Los Panales aflora en el área Los Panales, al este de la Formación La Casita y se encuentra en contacto con únicamente con la Formación Verde (Fig. A1.1, en anexos). Roberts (1989) la consideró un cuerpo de composición riolítica, proponiendo una probable edad de mediados del Terciario.

Este cuerpo ígneo, corta a la Formación Verde, dejando como evidencia xenolitos en la orilla del contacto. Los xenolitos grisáceos son de grano fino y varían de 2 a 20 cm de diámetro (Fig. 9). Se recolectó una muestra (14LP01) al centro del intrusivo para un estudio petrográfico y para datarla por U-Pb en circones. El análisis petrográfico indica que este intrusivo de color beige-naranja al intemperismo (Fig. 8, 9) en realidad es una roca holocristalina de textura porfídica, con cristales subhedrales a euhedrales. Se identificaron algunas relaciones de grupo como intercrecimiento. Esta muestra presenta principalmente cristales de plagioclasa sin orientación preferente y algunos dominios criptocristalinos (Fig. 10); además se observan alteración por calcita y clorita de color amarillo a verde, probablemente hidrotermal. Es evidente la ausencia de minerales como cuarzo, sanidino o ferromagnesianos; únicamente se puede observar óxidos como hematita que probablemente reemplazaron a los ferromagnesianos. Se determinó con base en las relaciones de campo (Fig. 8, 9) y a la petrografía que el intrusivo Los Panales es un stock hipabisal microdiorítico.



Figura 8.- Vista panorámica hacia el este donde se observa al Intrusivo Los Panales (Jopa) en contacto con la Formación Verde (Jmv).



Figura 9.- Detalle del borde del Intrusivo Los Panales, donde se observan xenolitos de la Formación Verde de color gris.

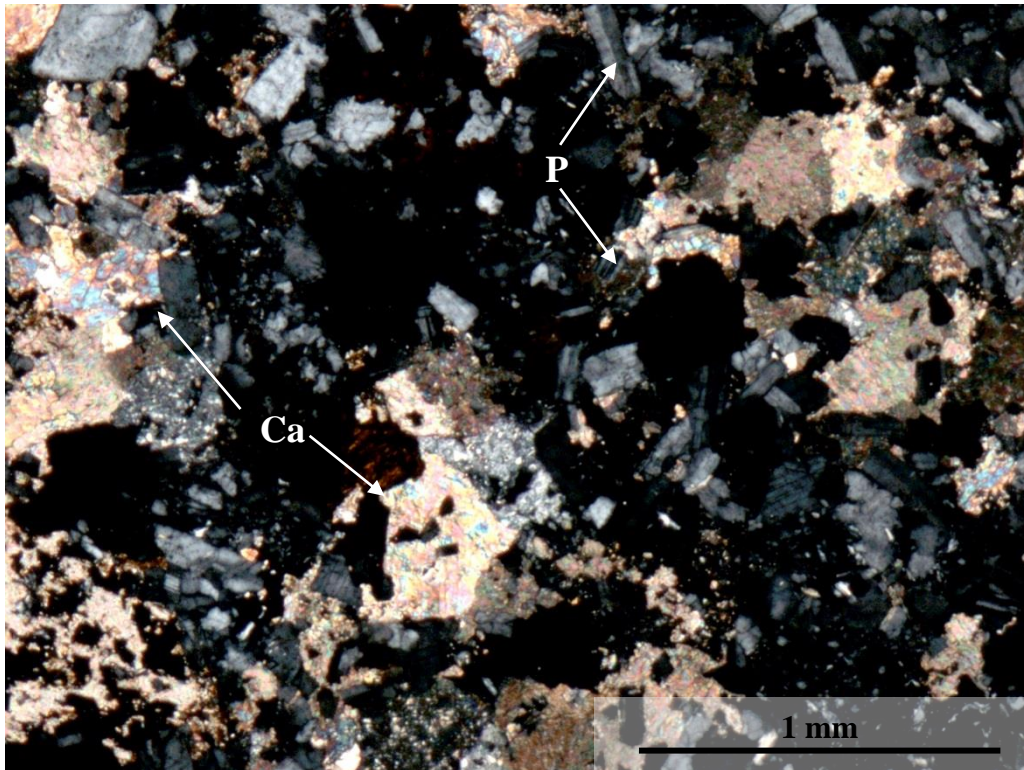


Figura 10.- Fotomicrografía del intrusivo microdiorítico de Los Panales (14LP01) con cristales de plagioclasa (P) y reemplazamiento de calcita (Ca). Nicoles cruzados.

Formación La Casita

La Formación La Casita sobreyace a gran parte de las formaciones que se han descrito en el presente trabajo de la fosa de Chihuahua; sin embargo, en el capítulo 5 se mencionan sus antecedentes y se describe más ampliamente la formación redefiniendo sus miembros.

Formación Navarrete

Esta formación fue definida por Haenggi (1966) en el área El Cuervo como una sucesión de lutita con interestratificación de caliza y arenisca que subyace de manera concordante a la Formación Las Vigas; la localidad tipo se encuentra al este del arroyo Navarrete, ubicado a ~63 km al NNW de ciudad Ojinaga, donde se observa lutita calcárea, limolita arcillosa que grada a arenisca fina, caliza micrítica y masas lenticulares de yeso. Chaparro y Loera (2004) cartografiaron esta formación en la carta Geológico-Minera Plomosas reconociendo una unidad constituida por caliza gris oscuro a negro en capas delgadas, horizontes de areniscas limolíticas con algunos horizontes laminares de evaporitas. Roberts (1989) identificó a la Formación Navarrete en el área de Los Panales como una unidad compuesta por lutita, caliza y mármol blanco que se encuentra plegada disarmónicamente (Fig. 11) y que además muestra metamorfismo selectivo de caliza en los metros inferiores y superiores de la sección. La sección tipo de Haenggi (1966) está incompleta, más obtuvo 133 m de espesor. García-Esparza (1989a)

midieron diferentes espesores de 363, más de 300 m, más de 180 m y 600 m en las sierras Chorreras, La Amargosa, Roque y el Soldado, respectivamente. Por su parte Chaparro y Loera (2004) obtuvieron espesores que varían entre 30 a 600 m. Roberts (1989) estima un espesor entre 100 a 200 m.

Haenggi (1966) observó un contacto gradacional entre las formaciones Navarrete y Las Vigas, sin embargo no identificó el contacto basal con la Formación La Casita. En el área de Los Panales se puede observar en algunos puntos un contacto inferior que transcurre de forma gradacional de lutitas de la Formación La Casita hacia calizas y lutitas de la Formación Navarrete. En esta misma área se identificó que las rocas de Navarrete están sobreyacidas por una unidad de yeso y abundantes areniscas con estratificación cruzada (rizaduras y rizaduras escalonadas) de la Formación Las Vigas (Roberts, 1989).

Haenggi (1966) identificó miliólidos del Cretácico Temprano y fragmentos de equinodermos cerca a la base y en la parte media de esta formación; también propuso que la parte basal de la Formación Navarrete es marina y posteriormente emergieron partes de esta formación. Chaparro y Loera (2004) propusieron que el depósito es un registro de un ambiente de plataforma somera a lagunar durante una fase regresiva. Por su parte, Roberts (1989) identificó al norte de su área de estudio un ajuste lagunar, mientras que al sur observó condiciones marinas someras abiertas; este también observó capas estromatolíticas y capas de lutita interestratificada, por lo que propone una zona intermareal a supramareal de baja energía.

Haenggi (1966) propone que la Formación Navarrete es correlacionable con los últimos 194 m que Bridges (1962) describe de la Formación La Casita en el área de Placer de Guadalupe y también con la Formación Torcer en las Montañas Malone de Texas.

Con base en algunas observaciones hechas en campo en este trabajo, se pudo distinguir que entre los "miembros de la Formación La Casita", que se han propuesto en los alrededores del área de Plomosas como pizarra Cuesta, mármol Mina Vieja, lutita Patio y el mármol Cuevitas, hay similitud con la Formación Navarrete identificada en el área de los Panales por Roberts (1989). En el área de Los Panales, la Formación Navarrete mostró en su base una intercalación de estratos laminares a delgados de lutita calcárea con rizaduras y laminación paralela; además se observó interestratificación de capas muy delgadas a masivas de evaporitas reemplazadas por calcita con texturas *chicken wire*, *teepee*, nódulos y colas de golondrina (Fig. 12, 13). Estos son producto de reemplazamiento diagenético, no de metamorfismo. Se recolectaron algunas muestras (M1-M6) para estudio petrográfico de la base de la Formación Navarrete en el área de Los Panales (Tabla 3) que incluye caliza micrítica o esparítica (Folk, 1962) con texturas tipo wackestone, packstone y grainstone (Dunham, 1962) con foraminíferos, gasterópodos, bioclastos, intraclastos, ooides, peloides, cuarzo autigénico bipiramidal. Las muestras presentan

buen empaquetamiento y gradación normal. La base de la Formación Navarrete (muestra M2) presenta probables cambios en la salinidad, ya que contiene cristales de yeso reemplazados por calcita indicando un ambiente lagunar restringido, con probables galerías que interrumpen la laminación crenulada; además de pequeños ostrácodos y conchas delgadas. Más arriba (muestra M4) la formación presenta foraminíferos, peloides, cristales de cuarzo y granos de esparita (Fig. 15) indicando un aumento del nivel del mar y un ambiente de mayor energía, probablemente como resultado de tormentas atravesando en un ambiente la laguna. Las muestras recolectadas hacia la cima de la sección indican un ambiente marino.

En el área de Plomosas, cercano a la mina Plomosas se identificó la misma litología y la textura *chicken wire* que había sido vista en el área de Los Panales (Fig. 14). Por lo que es probable que las rocas identificadas en la parte oriental del área de Plomosas, como mármoles y lutitas de la Formación La Casita, en forma de planchas triangulares (Bridges, 1962; Chaparro y Loera, 2004; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016), realmente pertenezcan a la Formación Navarrete (Haenggi, 1966; Roberts, 1989).



Figura 11.- Vista panorámica de pliegue cerrado compuesto por lutitas y calizas en la Formación Navarrete, en el área de Los Panales.



Figura 12.- Vista panorámica cercana a la base de la Formación Navarrete en el área de Los Panales, donde se observa estratos muy gruesos de yeso reemplazado por calcita (ER) e intercalaciones con estratos delgados a laminares de lutita y caliza (LC) con estructuras típicas de un sabkha. El espesor del intervalo ER es ~2 m.



Figura 13.- Detalle de estructura *teepee* (parte superior) y *chicken wire* (parte inferior) en yeso y lutita de la Formación Navarrete en el área de Los Panales; moneda con diámetro de 2.55 cm.



Figura 14.- Detalle de estrato masivo de yeso de la Formación Navarrete antes identificada como mármol de la Formación La Casita (Bridges, 1962; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016) con estructura *chicken wire*, ubicación cercana al complejo de la mina de Plomosas. La longitud del martillo es de 35 cm.

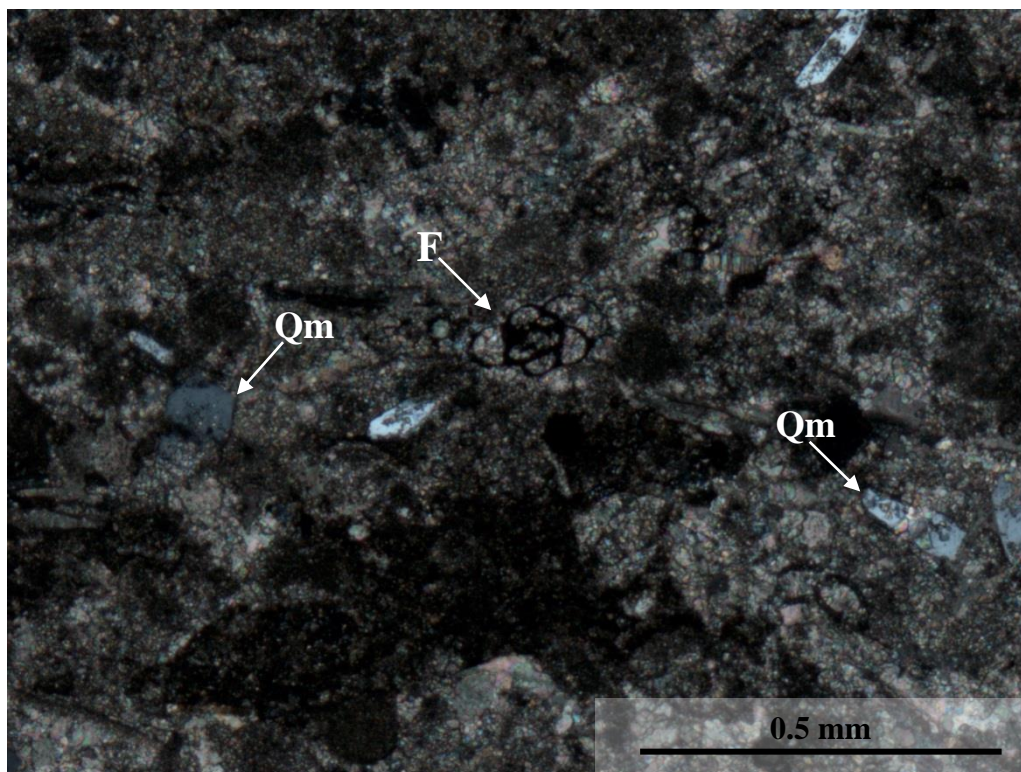


Figura 15.- Fotomicrografía de caliza grainstone ubicada hacia la base de la Formación Navarrete (muestra M4) con foraminífero (F), con algunos cristales de cuarzo (Qm).

5. FORMACIÓN LA CASITA EN LAS ÁREAS DE LOS PANALES Y CERRO DE ENMEDIO

Antecedentes

Imlay (1936) propuso el nombre de Formación La Casita para una secuencia de rocas de caliza arcillosa, lutita y arenisca, con localidad tipo en el estado de Coahuila, en el cañón de La Casita, a aproximadamente 16 km al sur de la localidad de General Cepeda (García-Esparza, 1989a; Chaparro y Loera, 2004). La Formación La Casita del Jurásico Superior ha sido identificada en el este de Chihuahua, este de Durango, sur y centro-oriente de Coahuila, en el sur de Nuevo León, suroeste de Tamaulipas, entre otros (Imlay, 1943, 1953; McLeroy y Clemons, 1965; Fortunato y Ward, 1982; Eguiluz, 2001; Lawton y Molina, 2014).

Imlay (1953) mencionó que la Formación La Casita en el norte de México está compuesta por conglomerado, arenisca, lutita, marga, caliza, yeso y cantidades menores de carbón, las cuales corresponden a una facies litoral, que varía entre 61 a 427 m de espesor. García-Esparza (1989a) indicó que esta formación se compone de un conglomerado basal gris constituido de clastos subredondeados de caliza y areniscas, mudstone arcilloso, lutita y arenisca, con un espesor que varía entre 528 m en la sierra de Chorreras, 755 m en la sierra El Soldado, 878 m en la sierra El Carrizalillo, 469 m en la sierra El Granero del estado de Chihuahua. Por su parte Chaparro y Loera (2004) y Barboza-Gudiño *et al.* (2016) mencionaron que la Formación La Casita en el área de Plomosas está constituida por arenisca, conglomerado, lutita, limolita, caliza y caliza marmolizada. Roberts (1989) indicó que la Formación La Casita en el área de Los Panales está compuesta principalmente por lutita, seguida por arenisca y una menor cantidad de caliza, conglomerado y mudstone. Chaparro y Loera (2004) mencionaron que geólogos de la mina de Plomosas informalmente dividieron a la Formación La Casita en cinco unidades en su cartografía, las cuales también fueron usadas por Barboza-Gudiño *et al.* (2016), (1) un conglomerado basal que varía entre 0 a 100 m, (2) lutita Cuesta de 40 a 60 m de espesor, (3) mármol Mina Vieja de 20 a 30 m, (4) lutita Patio de 30 a 40 m y (5) mármol Cuevitas 8 m de espesor. Sin embargo, Roberts (1989) la dividió en tres miembros informales: inferior, medio y superior; el miembro inferior compuesto por conglomerado, arenisca conglomerática, arenisca y mudstone arenoso-limoso; el miembro medio con marga, caliza argílica, arenisca y lutita, y el miembro superior compuesto por cuerpos de arenisca de aproximadamente 35 m de espesor, separados por depósitos de lutita que varía entre 50 a 200 m de espesor.

Metodología

En el presente trabajo se realizaron tres secciones medidas en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio (Fig. 32) que están separadas por aproximadamente 15 km de distancia y ubicadas en sierras alineadas con un rumbo norte-sur. En las secciones se identificaron los miembros

descritos por Roberts (1989); sin embargo, en este trabajo se realiza una nueva división de los miembros y se nombran en orden ascendente como miembros El Pílon, La Parrita y El Táscate.

Estratigrafía de la Formación La Casita

Miembro El Pílon

El miembro el Pílon es nombrado así por su cercanía con el arroyo El Pílon que se encuentra al sureste del cerro de Enmedio. Está compuesto principalmente por conglomerado, arenisca conglomerática, arenisca, y en menor cantidad por limo y lutita (Fig. 32). Se pueden distinguir afloramientos en Los Panales, cerro de Enmedio y Placer de Guadalupe (Imlay, 1953; Bridges, 1962, 1964, 1966; García-Esparza, 1989a; Roberts, 1989; Herrera y Hernández, 2002; Chaparro y Loera, 2004; Villarreal *et al.*, 2014; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016).

Se propusieron diferentes edades para este miembro basal de la Formación La Casita. García-Esparza (1989a) lo consideró un depósito que subyace de forma discordante a la Formación La Casita y propuso una edad Triásico-Jurásico. En la cartografía realizada en el 2002 y 2004 el Consejo de Recursos Minerales (ahora Servicio Geológico Mexicano) estableció una edad del Kimmeridgiano con base en la posición estratigráfica. Villarreal *et al.* (2014) sugirieron que son depósitos continentales que subyacen de forma inconforme a la Formación La Casita con una edad del Jurásico Medio al Kimmeridgiano. Por último, Barboza-Gudiño *et al.* (2016) propusieron una edad del Jurásico Inferior al Medio. Es necesario señalar que posiblemente este conglomerado del miembro basal de la Formación La Casita, se correlaciona con el conglomerado Glance (ver capítulo de discusión) del Grupo Bisbee en el sureste de Arizona, suroeste de Nuevo México y norte y centro de Sonora (Bilodeau *et al.*, 1982, 1987; González-León, 1994; Mauel *et al.*, 2008, 2011; Gilbert, 2012).

En el área de Los Panales, se encuentra un conjunto de sucesiones clásticas estrato-granocrecientes que afloran ampliamente con un rumbo principalmente noroeste-sureste y nornoroeste-sursureste (Fig. 16). Los conglomerados polimícticos que caracterizan a este miembro se encuentran en estratos gruesos a masivos. Los conglomerados son matriz soportados y mal clasificados, compuestos principalmente por clastos de riolita, caliza, cuarzo, pedernal y arenisca (Fig. 53), con tamaños variables entre 0.5 a 15 cm de diámetro y forma subangular a subredondeada (Fig. 17). Las areniscas están compuestas principalmente por litoarenitas que varían de grano grueso-conglomerático a grano fino, dispuestos en estratos delgados a medios. También se pueden identificar depósitos de lutita y limolita que se encuentran sobreyaciendo comúnmente estratos de conglomerado y arenisca, representando paleosuelos o superficies de inundación. En la sección medida de los Panales se pueden observar diferentes estructuras sedimentarias como estratificación lenticular (arenosa o conglomerática con bases erosivas), estratificación cruzada de bajo ángulo, estratificación

cruzada amacada, estratificación *hummocky*, laminación planar paralela, gradación normal o inversa, rizaduras y dunas de hasta 50 cm de ancho, estructuras de flama, estructuras de carga y en menor cantidad imbricación y laminación. El espesor medido en el área Los Panales, es de 84 m; sin embargo, se pudo ver en campo que el miembro se adelgaza hasta menos de un metro a 3 km aproximadamente al noroeste. Herrera y Hernández (2002) estiman un espesor de 150 m en su parte más amplia. Roberts (1989) obtuvo un espesor variable entre 250 hasta 10 m en su miembro inferior, identificando de igual forma el adelgazamiento de la unidad al norte de su área de estudio. El miembro El Pilón sobreyace de forma discordante a las formaciones Verde y Plomosas en Los Panales (Fig. 32, A1.1 en anexos), mientras que el contacto superior con el miembro La Parrita es abrupto y aparentemente concordante.

Al sur del cerro de Enmedio el miembro es más homogéneo que en el área de Los Panales, ya que se puede observar que este miembro está compuesto casi exclusivamente por estratos de 1 a 2 m de espesor de conglomerado clasto soportado y mal clasificado, polimíctico con clastos de riolita, caliza con fusulínidos o corales, packstone con fósiles, pedernal negro o gris, cuarzo blanco y arenisca; los cuales varían desde 2 a 50 cm de diámetro con forma subredondeada a angular (Fig. 19). El conglomerado presenta variaciones locales en composición, ya que ocasionalmente se distingue mayor contenido de clastos de caliza o de riolita. Este conglomerado fue identificado y medido en una sección por Bridges (1962); sin embargo, él lo coloca dentro de la que nombró como "unidad 5", reconociendo que los clastos ígneos dentro del conglomerado corresponden al flujo riolítico dentro de la Formación Plomosas. En el estudio realizado por Barboza-Gudiño *et al.* (2016) se reconoció este conglomerado en campo y se identificaron restos fósiles carbonatados de conchas gruesas de bivalvos de hasta 15 cm de largo y colonias de corales. Las estructuras sedimentarias que se observan en el conglomerado son estratificación paralela, gradación normal, lentes arenosos o conglomeráticos con estratificación cruzada o gradación inversa, rizaduras y escasa imbricación, esto debido a que la mayoría de los clastos tienen un eje "c" alto. La sección medida del miembro El Pilón, en la parte sur del cerro de Enmedio es de 30 m de espesor, pero presenta cambios laterales y puede engrosarse hasta ~250 m a pocos kilómetros (Bridges, 1962, 1966). Este miembro sobreyace en discordancia erosiva la Formación Plomosas compuesta por una arenisca subarcosa de granos redondeados en estratos tabulares con un buzamiento muy vertical hacia el sureste (Fig. 18; Fig. A1.2, en anexos).

Los estratos de crecimiento del miembro El Pilón se encuentran al lado este del cerro de Enmedio (Fig. 32, sección cerro de Enmedio 2; Fig. A1.2, en anexos), los cuales fueron identificados en campo y confirmados gracias al programa Google Earth Pro (2015). Se distingue una sucesión sedimentaria siliciclástica dominada en la base por intercalaciones de arenisca de grano fino a medio, lutita fisil y conglomerado generalmente matriz soportado. Los conglomerados contienen clastos subangulares a subredondeados de riolita, cuarzo, caliza,

arenisca de grano fino; los clastos de riolita varían entre 3 a 20 cm. Las estructuras sedimentarias presentes son estratificación lenticular, gradación normal e inversa, laminación paralela, estratificación cruzada, estratificación *hummocky* y en menor proporción bioturbación. Hacia la cima aumenta la presencia de intercalaciones de lutita y arenisca con cimas y bases irregulares. Estos estratos se desarrollaron a un costado de un anticlinal cerrado, cuyo eje de pliegue tiene un rumbo aproximado al noreste (Fig. A1.2, en anexos), similar a los observados por Barboza-Gudiño *et al.* (2016). Esta estructura presenta como núcleo rocas del Paleozoico Inferior y Superior, con flancos marcados por el miembro El Pilón de la Formación La Casita. No se tomaron suficientes datos en campo para determinar más específicamente el tipo y geometría específica de esta estructura; sin embargo, la presencia de este pliegue es necesaria para reconocer los estratos de crecimiento del conglomerado de la Formación La Casita que se encuentran al este del cerro de Enmedio.



Figura 16.- Vista panorámica al noroeste del miembro El Pilón con estratificación muy gruesa a masiva y gran extensión lateral en el área Los Panales. Indicado por la flecha se observa el intrusivo Los Panales.



Figura 17.- Detalle de conglomerado del miembro El Pílon en el área Los Panales. Longitud del Martillo 41 cm.



Figura 18.- Vista de estratos muy gruesos a masivos de la base del miembro El Pílon al sur del cerro de Enmedio. Línea roja marca el contacto erosivo entre la Formación Plomosas (Jip) y el miembro El Pílon (Jsep). El martillo tiene una longitud de 35 cm.



Figura 19.- Detalle de clasto de riolita en el conglomerado polimítico del miembro El Pílon en el cerro de Enmedio, aproximadamente en el metro 5 de la sección medida. Navaja mide 9 cm de largo.

Miembro La Parrita

El miembro medio en la Formación La Casita, nombrado como miembro La Parrita por su proximidad a La Parrita que se encuentra sobre el arroyo El Minero (La Cristina), al oeste del intrusivo Los Panales. Se compone por depósitos de lutita, arenisca, limolita, toba silíceo, caliza arenosa y en menor cantidad se observa areniscas conglomerática y caliza (Fig. 32).

En Los Panales se encuentran un conjunto de parasecuencias las cuales tienen un rumbo noroeste-sureste y nornoroeste-sursureste (Fig. A1.1, en anexos). Roberts (1989) propuso un miembro medio con un espesor entre 62 a 56 m, sin identificar la presencia de los depósitos de toba silíceo que se encuentra principalmente hacia la base de este miembro, además de realizar la separación de este miembro con base únicamente a la litología. En el presente trabajo se establece un espesor de 276.5 m en la sección medida de Los Panales.

La base del miembro La Parrita en el área de Los Panales está compuesta por arenisca de grano fino a medio, con un espesor de 9 m, la cual contiene escasas estructuras sedimentarias como gradación normal, rizaduras, estratificación cruzada de bajo ángulo, laminación paralela y trazas fósiles, culminando con estratificación cruzada tipo *hummocky*. La arenisca basal es sobreyacida por un depósito compuesto principalmente de lutita con intercalación de estratos delgados a gruesos de toba silíceo, limolita, arenisca fina a media con cementante predominantemente

calcáreo. Las estructuras sedimentarias incluyen estratificación cruzada de bajo ángulo, laminación paralela, gradación normal, rizaduras, estratificación lenticular, escasa estratificación convoluta y trazas fósiles como *Ophiomorpha*. Fósiles abundantes incluyen ammonites cfr. *Nebroditis* sp. hematizados (Fig. 20), gasterópodos y braquiópodos, además de impresiones de ammonites *Idoceras santarosamum* (Fig. 21). Por último, se observan cuerpos de arenisca fina a media (Fig. 22) que varían entre 7 a 15 m de espesor intercalados en depósitos de lutita con escasos lentes arenosos. Las estructuras sedimentarias son gradación normal, estratificación cruzada, laminación paralela planar, estratificación tipo *hummocky* y trazas fósiles paralelas a la estratificación. El miembro sobreyace en una discordancia erosiva al miembro El Pilón; mientras que el contacto superior es concordante con respecto al miembro El Tásate, miembro superior de la Formación La Casita (Fig. A1.1, en anexos).

En cerro de Enmedio el miembro La Parrita corresponde a un depósito principalmente de lutita, con algunos estratos de limolita y arenisca (Fig. 32), con un rumbo y buzamiento variable, ya que se encuentra rodeando estratos paleozoicos que están al centro del cerro de Enmedio (Fig. A1.2, en anexos). El espesor medido de este miembro es de 88.5 m. Los depósitos de lutita de este miembro presentan interestratificación de limolita y arenisca dispuestos en estratos gruesos a delgados, donde los estratos de arenisca corresponden a la cima de ciclos progradacionales o tempestitas. Las estructuras sedimentarias incluyen gradación normal, estratificación lenticular de hasta 40 cm de espesor, laminación paralela, rizaduras y trazas fósiles paralelas a la estratificación. Fragmentos de ammonites *ex situ* son comunes. La cima de este miembro se encuentra marcada por la presencia de estratos delgados a gruesos de arenisca fina a gruesa con gradación normal, trazas fósiles como *Skolithos* y rizaduras, con depósitos de canal (Fig. 23) en su cima que corresponden a un sistema de lowstand. A 450 metros al este de la sección medida se encuentra un depósito acanalado con 120 m de longitud y 9 m de espesor (Fig. 23, 32), compuesto por estratos gruesos a masivos (hasta 1.2 m) de conglomerado con clastos de riolita y granito subredondeados a redondeados y varían desde 3 a 24 cm de diámetro. Los estratos de conglomerado se intercalan con estratos gruesos a delgados de arenisca gruesa a fina. Las estructuras sedimentarias que se pueden observar son gradación inversa, bases erosivas, estructuras de flautas y fragmentos de conchas de bivalvos (Fig. 24), y hacia la cima del depósito se observa gradación normal, gránulos flotando en matriz arenosa, estratificación cruzada, bases erosivas y estratificación tipo *hummocky* casi en la cima del depósito. La base del miembro es abrupta y concordante con los conglomerados del miembro El Pilón, y el contacto superior es concordante.

En el área de Los Panales entre los metros 110 a 145 de la sección se recolectaron muestras de tobas silíceas (14LP16, 15LP14, 15LP14a y 15LP15) las cuales al microscópio muestran que corresponden a rocas de grano muy fino con algunos cristales de plagioclasa y cuarzo monocristalino con extinción recta y extinción ondulante; se observan algunas micas como

muscovita y biotita. Algunas tobas contienen fragmentos de lapilli desvitrificados formando una textura eutaxítica (Fig. 25), con posibles esferulitas rellenas de zeolita fibrosa con ligero pleocroísmo de incolora a verde muy claro y en ocasiones se pueden distinguir esquirlas de vidrio quebradas y desvitrificadas. Generalmente estas tobas contienen cementante calcáreo, cristales de dolomita y hematita entre los poros. Cabe señalar que se distinguieron algunos bioclastos reemplazados por sílice.



Figura 20.- Detalle de ammonite cfr. *Nebrodites* sp. hematizada en la parte inferior del miembro La Parrita, en el área Los Panales.



Figura 21.- Detalle de impresión de amonite *Idoceras santarosamum*, en el área Los Panales. Moneda con diámetro de 2.1 cm.



Figura 22.- Vista panorámica con vista al noroeste de uno de los cuerpos de arenisca de la parte superior del miembro La Parrita, en el área Los Panales. Intervalo 327 al 345 m de la sección medida.

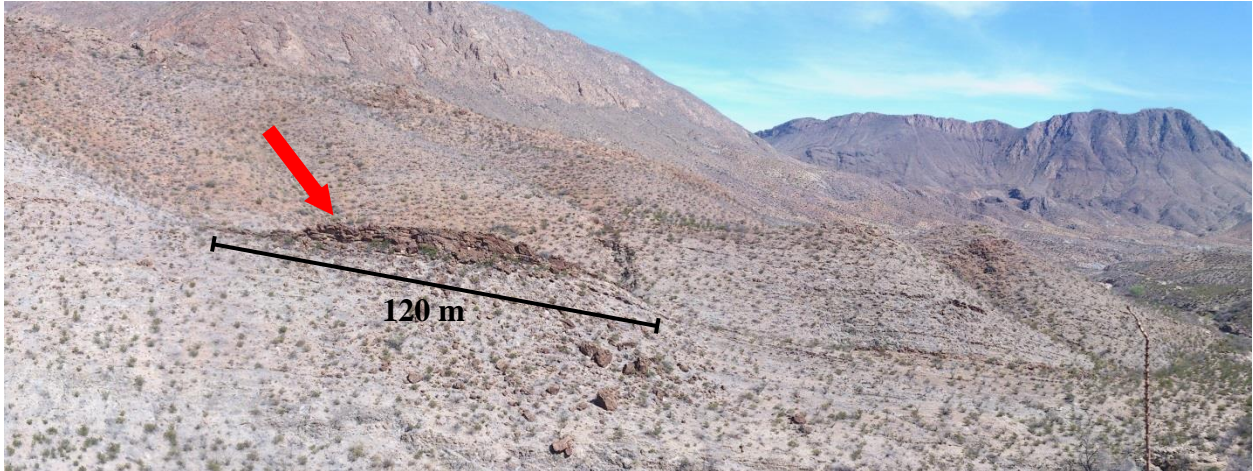


Figura 23.- Fotografía panorámica al este del flujo riolítico con vista al depósito acanalado (señalado con flecha) con aproximadamente 120 m de longitud y 9 m de espesor, el cual conforma la cima del miembro La Parrita en el área del cerro de Enmedio.



Figura 24.- Fotografía de detalle de valva de 15 cm de longitud que se encuentra en el depósito acanalado de la cima del miembro La Parrita en cerro de Enmedio. Martillo tiene una longitud de 33cm.

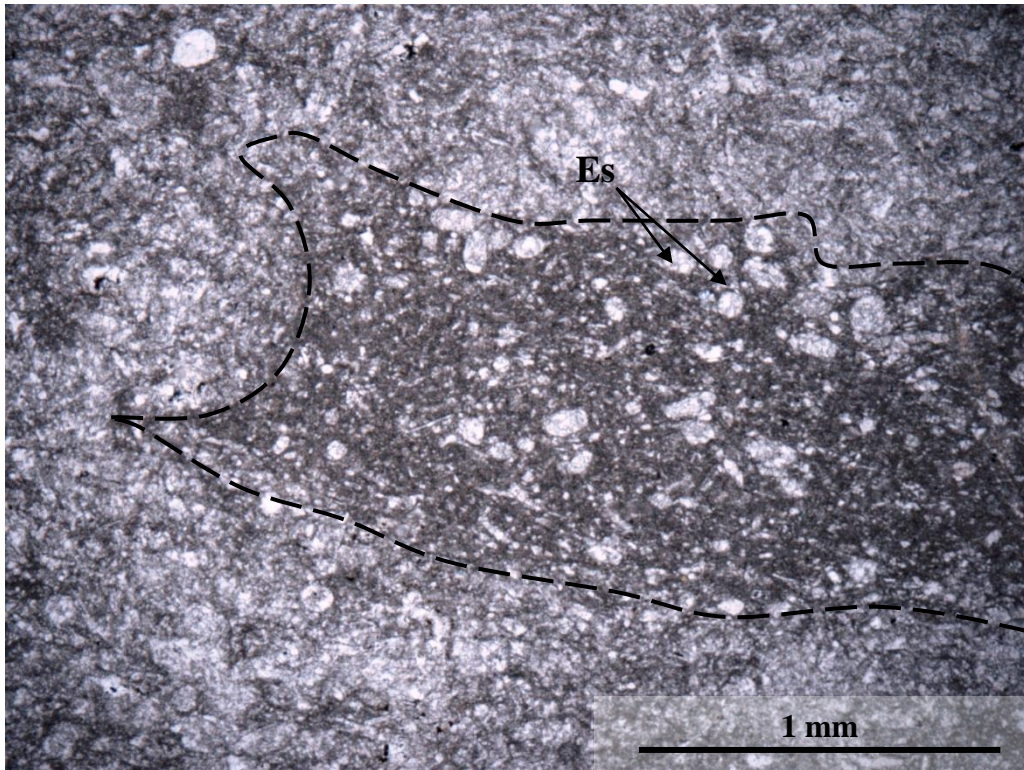


Figura 25.- Fotomicrografía de toba en el miembro La Parrita del área Los Panales (15LP14a). Muestra lapilli compactado (línea discontinua) con vidrio desvitrificado formando esferulitas (Es) con zeolita.

Miembro El Táscate

El miembro El Táscate es el miembro con mayor espesor de la Formación La Casita, y ha sido nombrado así por su cercanía con el rancho El Táscate. Este miembro se encuentra formando sierras de areniscas y valles estrechos de lutita al oeste del área Los Panales con un rumbo noroeste-sureste y nornoroeste-sursureste; mientras que en el área del cerro de Enmedio forma principalmente la ladera de dicho cerro hacia el sur y oeste. Este miembro está compuesto principalmente de lutita y arenisca muy fina a gruesa. El espesor total del miembro superior medido por Roberts (1989) es de ~540 m, el cual lo midió al norte de la sección de este estudio y es aproximadamente equivalente en espesor al miembro El Táscate. Roberts (1989) interpreta que el miembro superior de la Formación La Casita corresponde a un depósito en ajuste turbidítico canalizado y no canalizado.

En el área de Los Panales se estima que el miembro tiene un espesor de ~536 m. La base del miembro fue ubicada en la cima de unos estratos gruesos de caliza con textura grainstone (muestras 14LP21 y 15LP02) con abundantes calciesferúlidos sin arquitectura concreta (Fig. 28), bioclastos, materia orgánica, escasos granos de cuarzo monocristalino y minerales opacos. Estos estratos afloran en cientos de metros en el área y corresponden a una superficie de inundación. Sobre la caliza hay depósitos de lutita con un espesor que varía entre 70 a 170 m aproximadamente con algunos estratos lenticulares de arenisca, los cuales separan cuerpos de

areniscas de grano fino a grueso con interestratificación de lutita y limolita (Fig. 26). En los cuerpos de arenisca hay estructuras sedimentarias que incluyen laminación paralela, estratificación cruzada, estratificación tipo *hummocky*, gradación normal, estructuras de carga, estructuras en flauta y trazas fósiles (paralelas a estratificación y *Ophiomorpha*). El miembro contiene ammonites *Dorsoplanitoides bavaricus*, *Dorsoplanitoides* sp., *Danubisphinctes* sp., *Kossmatia* sp. Los contactos tanto subyacente con el miembro La Parrita y sobreyacente con la Formación Navarrete son concordantes.

El miembro El Táscate en la parte sureste del cerro de Enmedio se encuentra conformado por lomeríos de las faldas del cerro de Enmedio compuesto principalmente por depósitos de lutita y en menor cantidad se pueden observar estratos delgados a gruesos de limolita y areniscas (Fig. 29). Dentro de los depósitos de lutita hay lentes calcáreos y arenosos, trazas fósiles y fragmentos de ammonites. Las estructuras sedimentarias que incluye son gradación inversa, trazas fósiles o fragmentos de ammonites y también estratificación tipo *hummocky*. La litofacies de limolita presenta gradación normal, con trazas fósiles y fragmentos de bioclásticos. Los estratos de areniscas gradan de grano fino a medio; las estructuras sedimentarias incluyen laminación paralela, gradación normal, rizaduras simétricas en la cima de los estratos y trazas fósiles como *Skolithos*; bases de capas erosivas, estructuras tipo flauta, tipo *hummocky* y restos de madera delgada son escasos. Contiene los ammonites *Dorsoplanitoides* sp., *Dorsoplanitoides* cf. *bavaricus* (Fig. 30) y *Paraberriasella* sp. En la sección medida se obtuvo un espesor de 231 m con un rumbo de 46° con un buzamiento de 66° al SE; sin embargo, el rumbo de los estratos de este miembro es variable, ya que se encuentran formando una estructura anticlinal que rodea a los estratos Paleozoicos del cerro de Enmedio (Fig. A1.2, en anexos). El contacto inferior lo representa una superficie de inundación que sobreyace al canal del miembro La Parrita. El contacto superior es una cabalgadura donde le sobreyace la Formación Verde.



Figura 26.- Vista panorámica de cuerpo de areniscas del miembro El Táscate, entre el metro 640 a 657 de la sección de Los Panales.



Figura 27.- Detalle de ammonite *Dorsoplanitoides* aff. *bavaricus*, en estratos de lutita, cercano a la base del miembro El Táscate del área Los Panales. La navaja tiene una longitud de 9 cm.

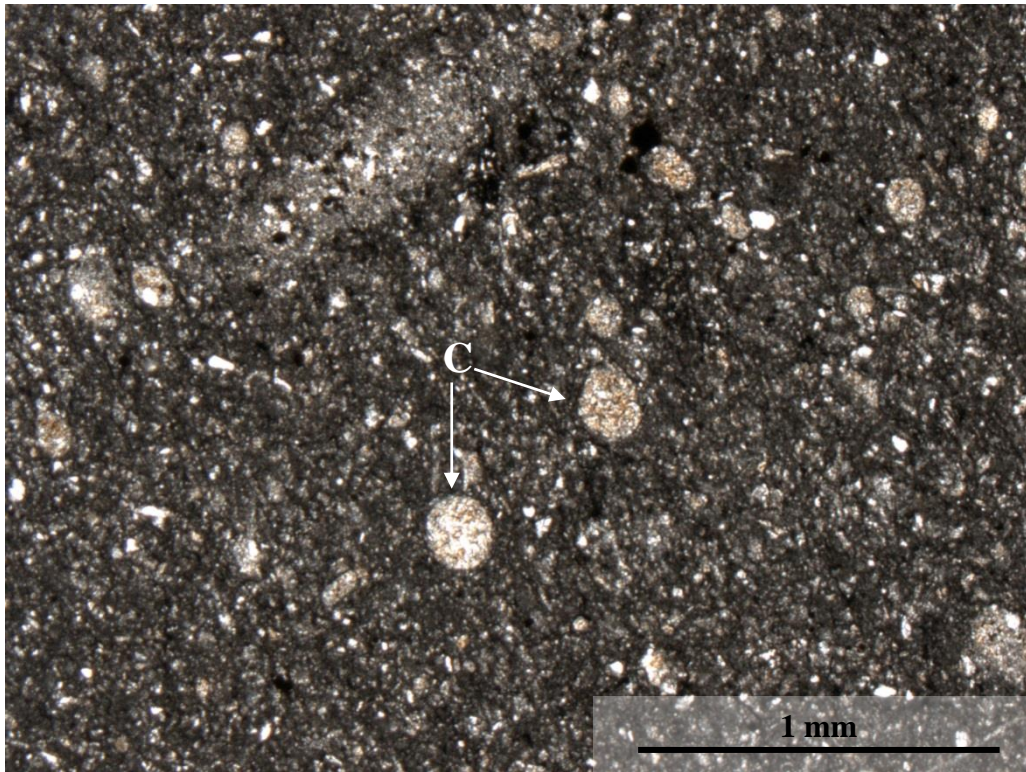


Figura 28.- Fotomicrografía de caliza en la base del miembro El Táscate (14LP21) que contiene calcisferúlidos (C); con luz paralela.



Figura 29.- Vista panorámica hacia el oeste del miembro El Táscate en la parte sureste del cerro de Enmedio.



Figura 30.- Detalle de *Dorsoplanitoides cf. bavaricus* encontrado en el miembro El Táscate al sureste del área del cerro de Enmedio. La navaja tiene una longitud de 9 cm.



Figura 31.- Detalle de *Dorsoplanitoides n. sp.* encontrado en cerro de Enmedio. Longitud de navaja 9 cm

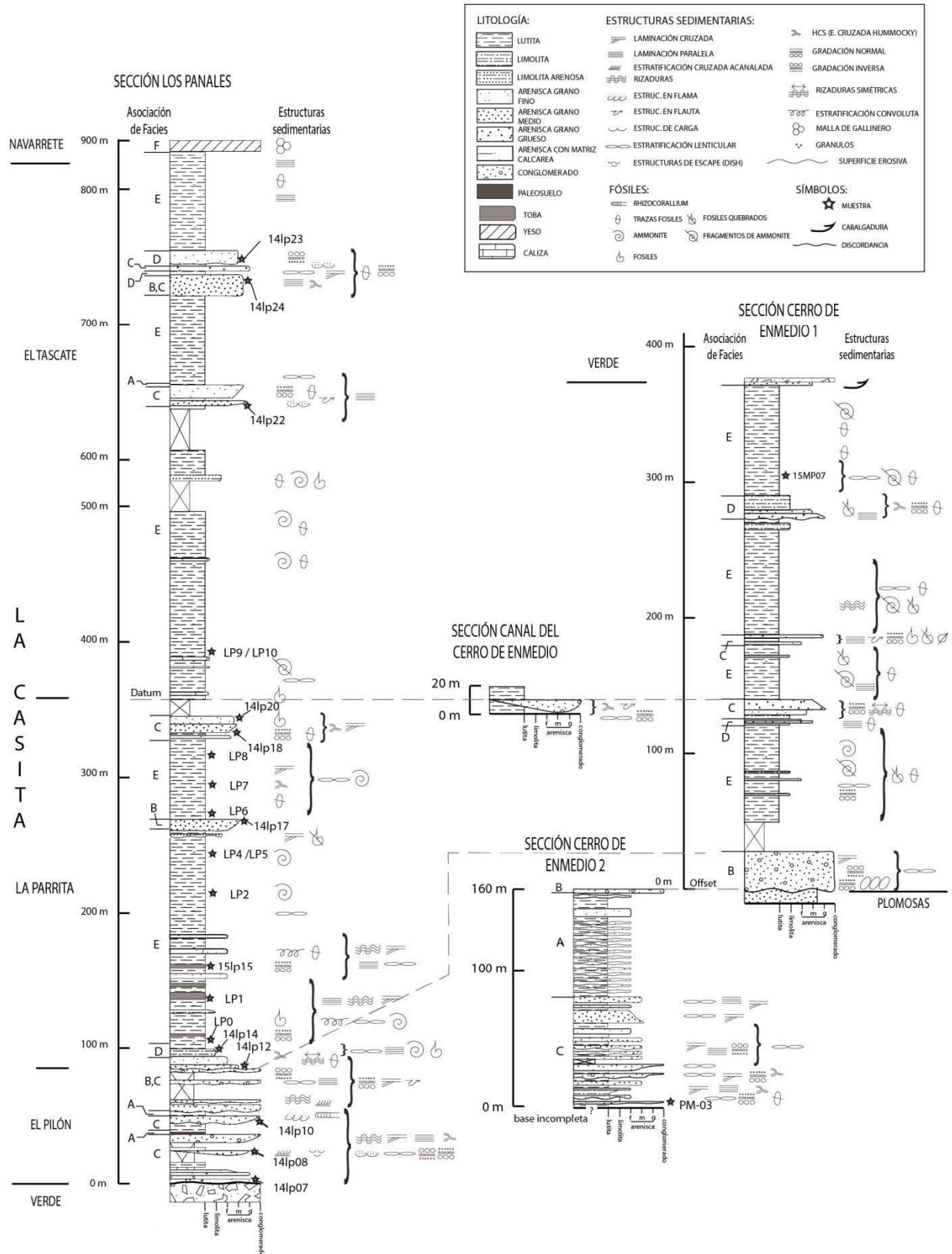


Figura 32.- Secciones estratigráficas de la Formación La Casita medidas en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio. Las asociaciones de facies se explican en el capítulo 6. Datum indicado con flecha roja. Estratos de crecimiento están representados por engrosamiento del miembro El Pilón en cerro de Enmedio (sección 2).

Bioestratigrafía de ammonites.

Imlay (1943) mencionó que Adkins y King en 1933 realizaron un reconocimiento en las áreas de Cuchillo Parado y Placer de Guadalupe en la parte oriente del estado de Chihuahua; sin embargo, ellos no terminaron su trabajo. Imlay (1943) retomó dicho estudio y describió los fósiles del Jurásico de Placer de Guadalupe, donde reconoció ammonites *Waagenia*, *Subplanites*, *Virgatosphinctes* y *Kossmatia*, los cuales representan al Kimmeridgiano y Portlandiano (ahora Tithoniano). Más tarde Bridges (1962, 1966) reconoció en la unidad 6 en el área del cerro de Enmedio ammonites *Idoceras* (?), *Subplanites*, *Virgatosphinctes* cf. *denseplicatus* y *Kossmatia*. Cantú-Chapa (1976) identificó los ammonites *Taramelliceras*, *Idoceras* sp., *Nebroditas*, *Suarites barradense* y *Suarites chihuahuense* al noroeste de la Sierra de Chorreras. Además, García-Esparza (1989a) mencionó que al norte de la cortina de la presa El Granero y al oeste del cerro de Enmedio encontraron los ejemplares *Idoceras* sp., *Subdichotomoceras* sp., *Taramlliceras* sp., *Idoceras* aff. *zacatecanum*, *Kossmatia* aff. *bifurcata*, *K. flexicostata* K. aff. *purisima*, *Suarites* sp., *Virgatosphinctes* aff. *comunis*, *V. sanchezi*, *Subdichotomoceras* sp., *Kossmatia varicostata*, *K. aff. flexicostata* y *Substeuroceras* sp.

En el presente trabajo se recolectaron diversos tipos de ammonites mientras se realizaban las secciones medidas en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio, los cuales fueron identificados por la Dra. Villaseñor Martínez del Instituto de Geología, UNAM. Sin embargo, debido a que el registro es aislado en una sección extensa y a que se colectaron ejemplares *ex situ* que están muy erosionados, no fue posible identificar todo el material recolectado, ya que los ammonites del Jurásico Superior presentan en muchos casos homeomorfía.

Kimmeridgiano

Los ammonites encontrados en este trabajo indican una edad del Kimmeridgiano Inferior al Tithoniano Inferior para el miembro La Parrita. En la sección de Los Panales (Fig. 32) se identificaron ammonites correspondientes al Kimmeridgiano Inferior en el metro 102 (muestra LP-0) que incluyen *Idoceras densistriatum* (Imlay), *Idoceras* cfr. *mexicanum* (Burckhardt), *Idoceras zacatecanum* (Burckhardt) y cfr. *Nebroditas* sp. (Fig. 20). En el metro 106 se identificó a *Idoceras densistriatum* (Imlay) y en el metro 134.5 (muestra LP-1) se identificó a *Idoceras santarosamum* (Burckhardt) (Fig. 21). Estos tres niveles con ammonites se encuentran en la parte alta del Z. *Hypselocyclum* a Zona Divisum entre 155.0 y 155.3 Ma (ver figura 26.8 de Gradstein *et al.*, 2012). Además se identificó *Idoceras* sp. gr. *duranguense* (Burckhardt) en el metro 237 (muestra LP-3) de la sección medida, el cual corresponde al Kimmeridgiano Inferior en la Zona Divisum (ver Figura 26.8 de Gradstein *et al.*, 2012). Por otra parte, en el metro 246 (muestra LP-5) se recolectaron *ex situ* ejemplares cuya concha tiene similitud al género *Pachisphinctes*, con un alcance de la base del Kimmeridgiano Superior al Tithoniano Inferior.

Tithoniano

Los ammonites encontrados en el presente trabajo indican una edad del Tithoniano Inferior para el miembro El Tásate. En el área de Los Panales se colectó en el metro 272 (muestra LP-6) al ejemplar *Pseudoinvoluticeras* aff. *douvillei* (Spath) correspondiente a la parte alta del Tithoniano Inferior; mientras que en el metro 477 (muestra LP-11) de la sección medida se identificaron varios ejemplares en las superficies de estratificación como *Dorsoplanitoides bavaricus*, *Dorsoplanitoides* sp., *Danubisphinctes* sp., *Dorsoplanitoides* aff. *bavaricus* (Fig. 27), *Haploceras* sp., *Danubisphinctes* cf. *palatinum* y *Kossmatia* sp. correspondiente a la parte media del Tithoniano Inferior (ver Figura 26.8 de Gradstein *et al.*, 2012). Por otra parte, en la sección medida del cerro de Enmedio entre el metro 303.5 al 305 (muestra 15MP7) se identificaron ejemplares *Dorsoplanitoides* n. sp., *Dorsoplanitoides* sp., cf. *Paraberriasella*, *Dorsoplanitoides* cf. *bavaricus* (Fig. 30) y *Dorsoplanitoides* n. sp. (Fig. 31); siendo este ejemplar de *Dorsoplanitoides* la misma especie que la encontrada en el miembro El Tásate de Los Panales, con edad de la parte superior del Tithoniano Inferior.

Correlación

En diferentes estudios hechos en el área de Plomosas y Los Panales (Imlay, 1943; Bridges, 1962, 1966; Cantú-Chapa, 1976; García-Esparza, 1989a; Roberts, 1989) se han identificado diferentes tipos de ammonites cuyo rango de edad varía del Kimmeridgiano al Tithoniano. Basándose en el estudio paleontológico realizado por la Dra. Villaseñor, se pudo determinar que los ammonites jurásicos encontrados en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio representan al Kimmeridgiano Inferior (desde la Zona Hypselocyclum a la Zona Divisum) entre 155 y 155.3 Ma (Gradstein *et al.*, 2012) y al Tithoniano Inferior. Aunque muchos de los ammonites recolectados no pudieron ser identificados, se determinó que las secciones medidas en cerro de Enmedio y en Los Panales son consistentes y corresponden a ambientes de la Formación La Casita (Fig. 32). Cabe señalar que entre las muestras paleontológicas LP1 y LP3, en el metro 161 se recolectó una muestra de toba silíceas para obtener la edad absoluta de la roca por el método U-Pb en circones, la cual dio una edad tithoniana de 150 ± 1 Ma.

Los ammonites identificados en los miembros La Parrita y El Tásate de las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio, se correlacionan con diferentes áreas en el centro y norte-este de México en edad (ver Figuras 3 y 4 de Villaseñor *et al.*, 2012) y litología. En las regiones de Tampico y Poza Rica en el centro de México, Cantú-Chapa (1998) habló de la Etapa Mazapil donde mencionó a ciertos géneros de ammonites como *Idoceras*, *Nebroditites*, *Aspidoceras* y *Glochiceras* del Kimmeridgiano, y *Virgatosphinctes*, *Mazapilites*, *Kossmatia* y *Durangites* del Tithoniano. En el área de Saltillo, Coahuila Fortunato y Ward (1982), estudiaron la Formación La Casita donde encontraron en la unidad 3 del cañón San Lorenzo escasos ammonites identificados como *Kossmatia* sp. cf. *K. kingi* del Tithoniano. También en un afloramiento

cercano a Saltillo y del área de Tamán en San Luis Potosí se encontraron registros aislados de ammonites del tipo *Schneidia* en las partes bajas de la Formación La Casita/La Caja y la Formación Tamán y sobreyaciendo se encontraron ammonites *Idoceras*, junto con *Physodoceras*, *Aspidoceras* y *Glochiceras* incompletos (Villaseñor *et al.*, 2012). En Amatitla y las Campanas, ambas en la Huasteca, encontraron *Ceratosphinctes rachistropus amatitlaensis*, fragmentos de *Idoceras l. durangense* e *l. balderum*, junto con *Sutneria* del grupo *cyclodorsata*, así como *Nebroditites* y *Mesosimoceras* (Villaseñor *et al.*, 2012). Por otra parte, en la cuenca de Sabinas se ha identificado *Idoceras* sp. en lutitas carbonáceas de la Formación La Casita (Eguiluz, 2001).

De igual forma, para el norte de México en el estado de Chihuahua (sierra Samalayuca) y el SW de Texas (sierra Malone) Cantú-Chapa (1998) habló de la Etapa Samalayuca con *Idoceras* en areniscas y lutitas, seguida de una secuencia potente de lutitas con *Virgatosphinctes*, *Suarites* y *Kossmatia*. Por otra parte, en la Formación Cucurpe en Sonora se menciona *Idoceras* cf. *l. densicostatum* del Kimmeridgiano Temprano (Mauel *et al.*, 2008, 2011) y *Mazapilites mexicanus* (asociado a *Schaireria neoburgensis*), *Glochiceras (Lingulaticeras?)* sp., *Torquatisphinctes subbleicheri*, *Torquatisphinctes* sp. cf. *T. diversecostatus* y *Torquatisphinctes* sp. cf. *T. lauri* para el Tithoniano (Villaseñor *et al.*, 2005, 2012). Mientras que en las montañas Chiricahua del estado de Arizona, dentro de la Formación Crystal Cave se identificaron ammonites del Jurásico Tardío, tal como *Idoceras striatum* (Lawton y Olmstead, 1995; Olmstead y Young, 2000).

Por lo que las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio se correlacionan con los depósitos del Kimmeridgiano y Tithoniano distribuidos ampliamente en el territorio mexicano, aportando de nuevo conocimiento para dichos depósitos. Además de ser correlacionables con regiones del Tethys como han sido correlacionadas otras áreas en México (Olóriz *et al.*, 2003; Villaseñor *et al.*, 2012).

6. SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN LA CASITA

Las facies sedimentarias y el ambiente de depósito de la Formación La Casita se interpretan a partir de tres secciones medidas que se realizaron en el área de Los Panales (una sección) y al sur del cerro de Enmedio (dos secciones medidas) con el datum WGS 84 en el sistema de coordenadas UTM (Fig. 32). La sección de Los Panales inicia en las coordenadas 479290 N y 3195623 E y termina en las coordenadas 478503 N y 3194707 E. En el área de cerro de Enmedio una sección comienza con las coordenadas 473282 N y 3212439 E y termina en las coordenadas 473842 N y 3212392 E. La otra sección de cerro de Enmedio comienza aproximadamente en las coordenadas 473842 N y 3212392 E y termina aproximadamente en las coordenadas 473232 N y 3213196 E.

El análisis sedimentológico consistió en identificar las características de la estratificación, la composición litológica y estructuras sedimentarias, para así determinar las 15 facies sedimentarias en las secciones que han sido adaptadas de Miall (1996) y posteriormente se procedió a agrupar las facies sedimentarias en seis asociaciones de facies para interpretar el ambiente de depósito (Tablas 1, 2; Fig. 32).

Tabla 1.- Litofacies presentes en las formaciones La Casita y Navarrete. Modificado de Miall (1985).

Código litofacies	Litofacies	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
Gm	Conglomerado a arenisca gruesa	Masiva, gradación inversa	Depósito de flujo de gravedad, flujo de escombros
Gcs	Conglomerado a arenisca gruesa	Estratificación cruzada, cruzada cruda, rizaduras, <i>hummocky</i>	Rellenos de canales gravas y arenas, depósitos afectados por oleaje o tormentas
Gp	Conglomerado a arenisca gruesa	Estratificación cruzada de bajo ángulo y/o paralela, imbricación	Depósitos asociado a flujo unidireccional, depósitos afectados por oleaje, barras longitudinales
Gfs	Conglomerado a arenisca gruesa	Estructuras en flama, flauta y/o de carga, superficies erosivas, gradación inversa	Sedimentos en corriente turbulenta erosiva, con sedimentos de carga de fondo
Slc	Arenisca conglomerática a fino	Estratificación lenticular, con o sin estratificación cruzada, estratificación <i>hummocky</i>	Rellenos de canales, depósitos de tormenta
Si	Arenisca grano medio a grueso, con intraclastos	Concreciones de lodo a la base	Relleno de socavación
Sm	Arenisca grano fino a grueso	Masiva o con gradación normal o inversa	Depósito de flujo de gravedad; depósitos afectados por oleaje
Sc	Arenisca grano fino a grueso	Laminación plana paralela, laminación cruzada de bajo ángulo, rizaduras, trazas fósiles	Flujo de bajo régimen, depósitos afectados por oleaje
Sfs	Arenisca grano fino a grueso	Estructuras de carga, flama o flauta, superficies erosivas, gradación normal o inversa	Sedimentos en corriente turbulenta erosiva, con sedimentos de carga de fondo
Tp	Arenisca fina, limo, arcilla	Laminación paralela, rizaduras pequeñas, gradación normal	Deposito piroclástico de grano fino
P	Limolita con gránulos	Granos suspendidos en limolita, rizolitos	Paleosuelo
Fsc	Limolita a arenisca fina	Estratificación lenticular, estratificación cruzada, rizaduras pequeñas, trazas fósiles	Canales abandonados, flujo de bajo régimen, llanura de inundación
Fm	Lutita a arenisca fina	Laminar paralela plana a masiva, estratificación lenticular	Depósitos en suspensión, depósitos de flujo de masa, rellenos de canal.
Lm	Caliza wackestone/ packstone	Trazas fósiles, fragmentos fósiles, calcisferúlidos	Depósito de plataforma continental externa
Y	Yeso	Estratos tabulares continuos con estructuras <i>chicken wire</i> , <i>teepee</i> y cola de golondrina	Sabkha, ambiente supramareal

Tabla 2.- Asociaciones de litofacies sedimentarias en las formaciones La Casita y Navarrete de las secciones Los Panales y cerro de Enmedio.

Asociación de litofacies	Litofacies	Interpretación	Descripción
A	Depósitos Sm, Sfs, Fm, Gm, P y Slc	Planicie deltaica	Depósitos con gran extensión lateral compuesto por relleno de canales fluviales; ocasionalmente sobreyacidos con depósitos finos de suspensión afectados por oleaje, con aporte de sedimentos acarreados por viento y con contenido de plantas.
B	Sm, Gp, Gfs, Gcs y Gm; con interestratificación de Slc.	<i>Foreshore</i>	Sistema de barreras afectado por oleaje, con depósitos de carga de fondo.
C	Dominantemente Gcs, Sm, Gm, Sc, Sfs y Slc; interestratificaciones de Gfs, Gp, Si, Fcs y Fm	<i>Shoreface</i>	Depósitos con gran extensión lateral afectados por oleaje durante su depositación, canales deltaicos, flujos hiperconcentrados, sedimentos de carga y bases erosivas; interestratificados se pueden encontrar depósitos de planicie de inundación y depósitos de bajo régimen.
D	Fm es dominante, con interestratificación de Gp, Sm, Sc, Slc, Sfs y Fsc	Zona de transición <i>Off-shore</i>	Sedimentos finos depositados por suspensión; arenas y gravas depositadas y retrabajadas durante tormentas o depositados por flujos hiperconcentrados.
E	Domina Fm, con interestratificación de Tp, Sm, Sc y Lm; escaso Fsc	<i>Off-shore /</i> Plataforma externa	Amplia extensión de sedimentos pelágicos y semi-pelágicos con escasa interestratificación de arenas depositadas por flujos de bajo régimen o tormentas excepcionales.
F	Fm e Y	Sabkha	Depósitos intermareales y supramareales.

Asociación de litofacies A.

Esta asociación de litofacies se encuentra conformada por las litofacies Sm, Sfs, Fm, Gm, P y Slc. La litofacies Sm aparece con gradación normal. La litofacies Sfs está compuesta por arenisca fina a media muy alterada y fracturada en estratos con bases y cimas irregulares. Fm está compuesta por lutita fisil de color gris oscuro a negro; ocasionalmente con vetilleo de calcita. Se puede observar Gm con gradación inversa de grano grueso a conglomerática junto a una burda estratificación cruzada. La litofacies Slc se puede observar generalmente como arenisca que varía de media a gruesa con lentes de conglomerado fino a grueso con clastos que varían de 1 a 30 cm de diámetro. La litofacies P es muy poco común y se observa con gránulos en matriz fina del tamaño de limo de color rojizo y con rizolitos (Figs. 33, 34).

La asociación de litofacies A se interpreta como planicie deltaica, la cual fue producida por una progradación de ambiente marino somero a ambiente subaéreo, compuesta por depósitos de rellenos de canales fluviales seguidos ocasionalmente por paleosuelos y por flujos de bajo régimen con llanuras de inundación.

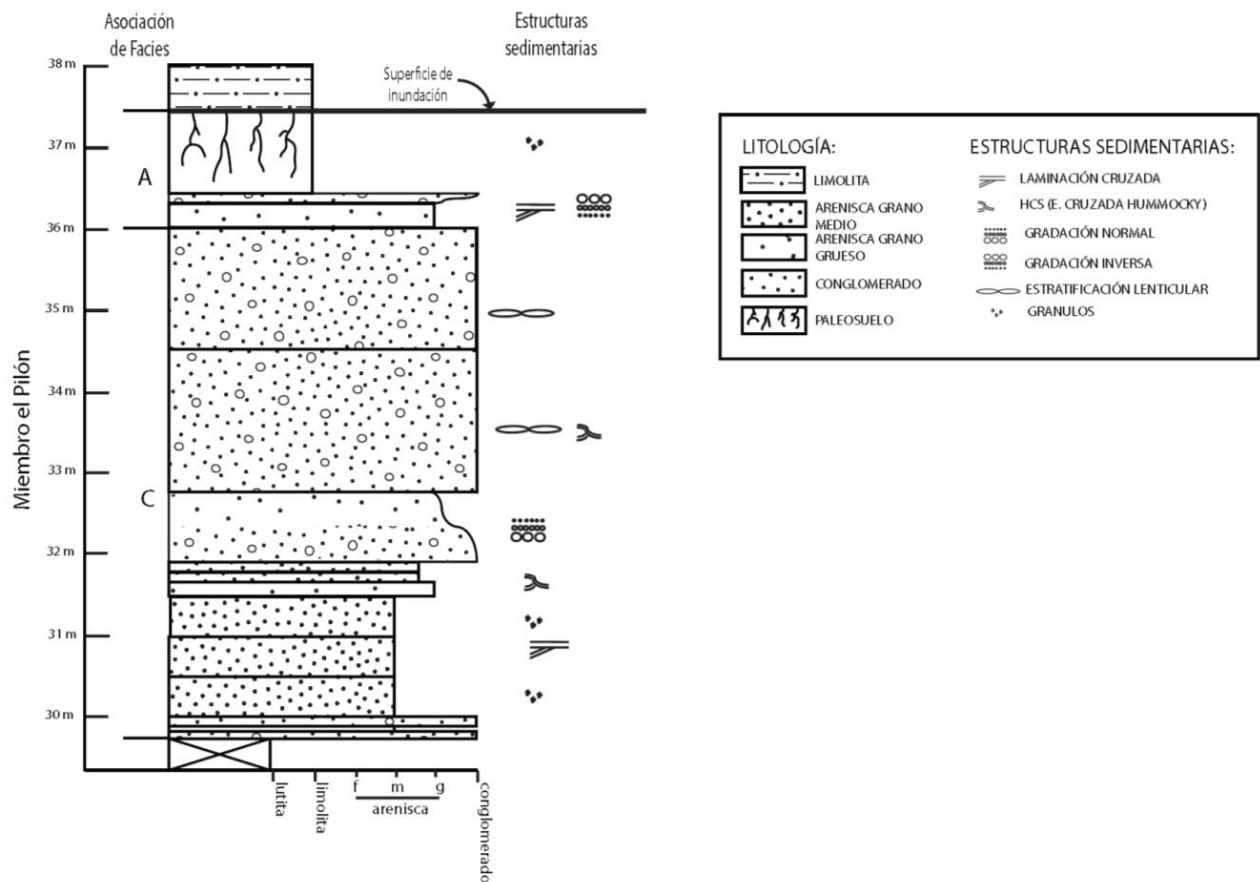


Figura 33.- Perfil sedimentológico muestra asociaciones de litofacies A y C en el miembro El Pílon.

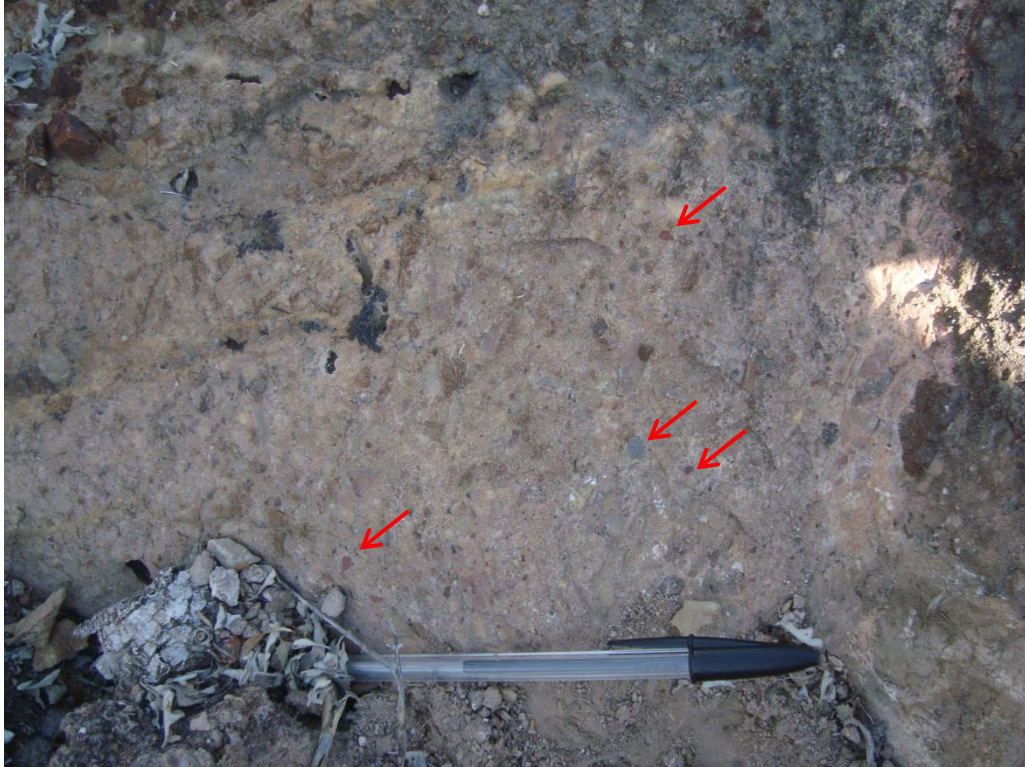


Figura 34.- Asociación de litofacies A; paleosuelo compuesto por gránulos (algunos indicados con flechas rojas) envueltos en matriz de limo.

Asociación de litofacies B.

Esta asociación de facies está conformada comúnmente por las litofacies Sm, Gcs, Gp, Gfs, Gm e interestratificación de litofacies Slc, Sc y Sfs. La litofacies Sm se puede encontrar como arenisca bien clasificada de grano fino a medio, en estratos finos a gruesos con bases rectas y sin estructuras sedimentarias primarias visibles. La litofacies Gp corresponde a arenisca gruesa y conglomerado en estratos con bases y cimas rectas, con laminación paralela burda y ocasionalmente con imbricación. Gfs se pueden encontrar como arenisca gruesa, conglomerado de clastos subangulosos envueltos en matriz arenosa que varía de gruesa a fina; esta litofacies se presenta en estratos gruesos a medios con bases erosivas y lentes arenosos de grano grueso. Gm se observa generalmente como conglomerado masivo y con gradación inversa con la litofacies Slc dentro de ella, en la que se observan lentes arenosos a conglomeráticos. Se reconoce Sfs con gradación normal en estratos gruesos.

Se interpreta la asociación de litofacies B como depósitos de un ambiente progradante marino somero *foreshore*, con afloramientos en los miembros El Pilón, La Parrita y El Táscate del área de Los Panales, y en el miembro El Pilón del área de Cerro de Enmedio. Sm, Sc y Sfs en el área de Los Panales y cerro de Enmedio indican un ambiente de *foreshore* consistente con depósitos paralelos a la playa, con sedimentos bien redondeados y bien clasificados, indicando una playa

dominada por olas; ya que los granos son típicamente maduros por el retrabajo continuo del vaivén de las olas, donde los clastos más débiles son rotos (Nichols, 2009).

Las litofacies Gm, Gp y Gfs encajan con un *foreshore* compuesto clastos del tamaño de grava a bloque, donde el lavado de sedimentos por el oleaje es más débil. En el área de cerro de Enmedio se puede encontrar escasamente clastos imbricados, indicando la presencia de canales en el *foreshore*; esto puede ser ya que el eje "c" de los clastos en esta área es alto. Por otra parte, en el área de cerro de Enmedio se pueden encontrar algunos rellenos de canales (Fig. 35; Fig. 23) compuestos por las litofacies Gfs, Gcs, Gm, Sm y Sc que corresponden a flujos de escombros, depósitos masivos, sedimentos en una corriente turbulenta erosiva y sedimentos de flujo de bajo régimen. Se pudo identificar que estos canales representan un system tract de Lowstand que muestra una caída del nivel del mar (Nichols, 2009; Coe, 2003).

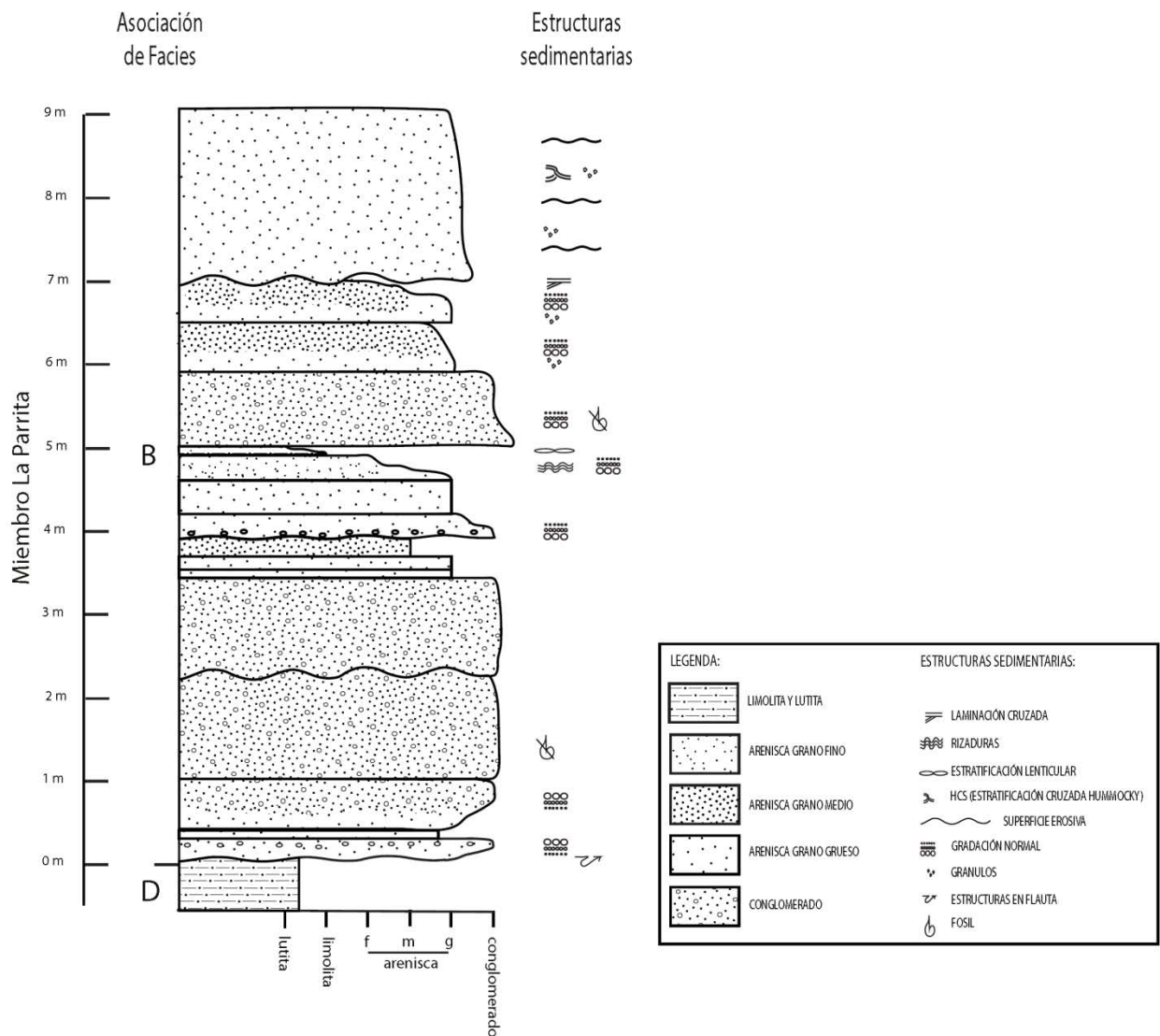


Figura 35.- Perfil sedimentológico del Canal en la parte superior del miembro La Parrita en cerro de Enmedio.

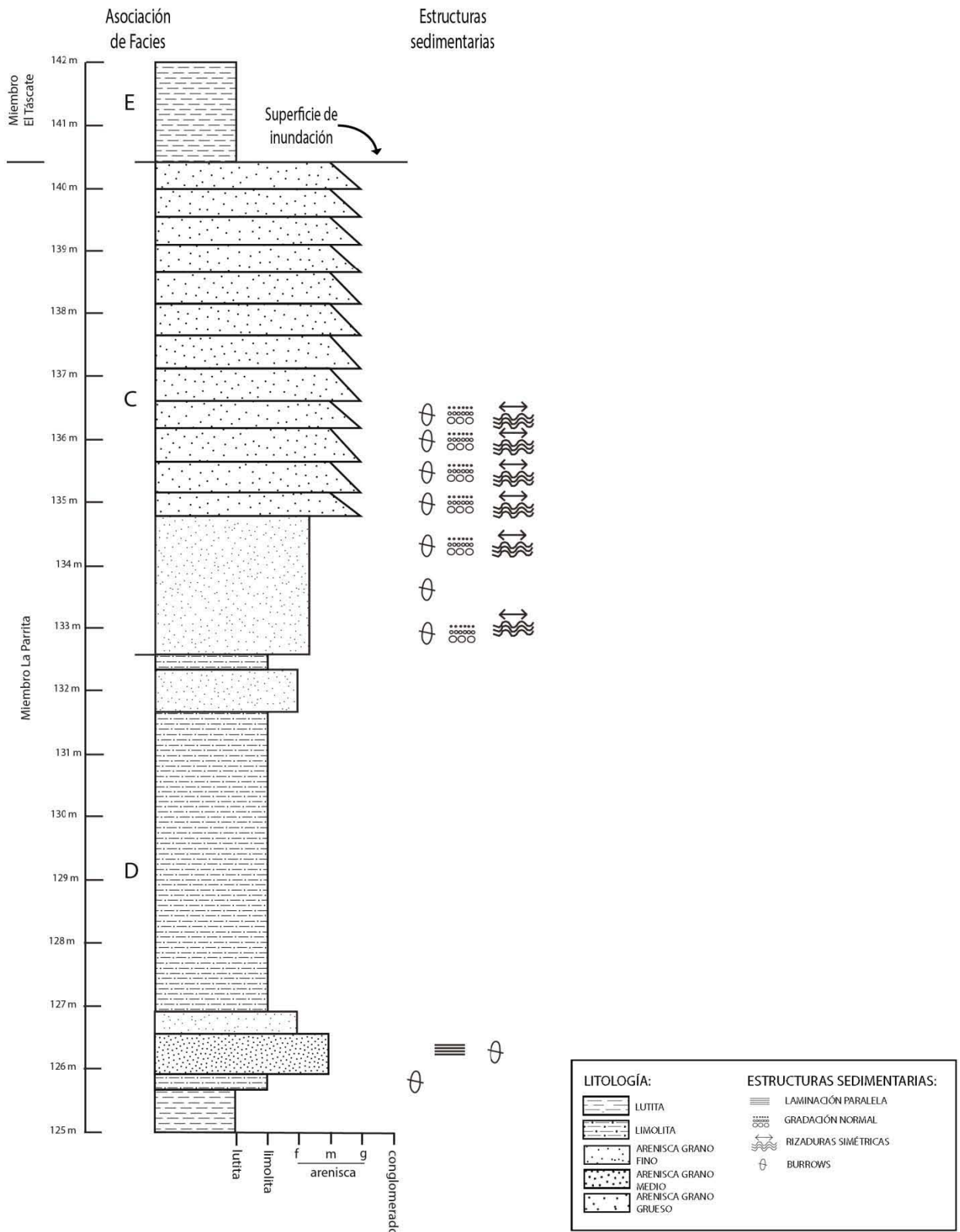


Figura 36.- Perfil sedimentológico del miembro La Parrita en cerro de Enmedio. Las trazas fósiles corresponden a *Skolithos*.

Asociación de litofacies C.

Esta asociación está constituida principalmente por las litofacies Gcs, Gm, Sm, Sc, Sfs, Slc, con algunos estratos intercalados de Gfs, Gp, Si, Fcs y Fm; la cual se puede dividir en *shoreface* grueso y *shoreface* fino formando una secuencia estrato-creciente ampliamente distribuida. *Shoreface* grueso se encuentra principalmente en el miembro El Pílon en las secciones de Los Panales y cerro de Enmedio 2 (Fig. 32) cuyos clastos tienen un tamaño de canto rodado hasta arena fina; mientras que el *shoreface* fino se aprecian en los miembros La Parrita y El Táscate, con un tamaño de grano que varía de arena gruesa a arcilla.

Generalmente la estratificación es lateralmente continua, excepto Slc que contiene estratificación lenticular con estratificación tipo *hummocky*. Gcs está compuesto por estratos delgados a masivos, en ocasiones con lentes arenosos. La litofacies Gm comúnmente incluye clastos de caliza y riolita, con algunos clastos de pedernal con fusulínidos. Gfs forma estratos gruesos que contienen superficies y bases erosivas como estructuras en flauta o carga con gradación inversa. La litofacies Gp se encuentra en estratos medios a gruesos con estratificación cruzada burda y compuesta por guijarros. Sm corresponde a arenisca media a gruesa en estratos laminares a gruesos muy continuos lateralmente, en ocasiones con gránulos, cubos hematizados y trazas de *Ophiomorpha* (Fig. 40); con algunas intercalaciones de Fm que corresponde a lutita no fisil (mudstone). La litofacies Sc se presenta en estratos delgados a medios continuos y con contactos rectos, con trazas fósiles paralelas o perpendiculares a la estratificación (Figs. 36, 37) y la litofacies Si tiene concreciones de lodo a la base. Sfs puede observarse con gradación normal y estructuras de carga en estratos gruesos. La litofacies Fsc contiene rizaduras, estratificación cruzada y trazas fósiles como *Rhizocorallium* subhorizontal y otros sistemas de madrigueras pobremente organizados (Fig. 38). Las trazas fósiles de *Skolithos* encontradas en esta asociación corroboran el ambiente marino somero *shoreface*, que aunque son consideradas como características de alta energía (Nichols, 2009; Tucker, 2003; Ekdale, 1984) también pueden ser encontradas en esta parte de la zona litoral (Bann y Fielding, 2004).

Esta asociación se interpreta como un ambiente marino somero *shoreface*, en algunas ocasiones parecido a un ambiente de frente deltaico afectado por oleaje cuyos sedimentos son depositados inmediatamente delante de la boca del canal y canales deltaicos (Nichols, 2009). La asociación de litofacies Gp, Gcs, Gfs y Sm representa un *shoreface* compuesto por grava, en la que se ha preservado algunas estructuras sedimentarias primarias como estratificación paralela, estratificación cruzada, rizaduras; con algunas estructuras sedimentarias como flautas y gradación inversa indicando flujos hiperconcentrados. Las litofacies más finas como Sm, Sfs, Sc y Fm, muestran un ambiente *shoreface* arenoso con laminación paralela, cruzada y rizaduras con trazas fósiles *Ophiomorpha* (Nichols, 2009; Tucker, 2003; Ekdale, 1984). Gcs y Slc pueden corresponder a barras de desembocadura afectadas por oleaje en el *shoreface* inferior,

retrabajadas por tormentas que muestran estratificación cruzada y/o estratificación *hummocky* (Fig. 39), lo que es consistente con la zona *shoreface* en un ambiente marino o con un frente deltaico dominado por tormentas (Buatois *et al.*, 2011; Nichols, 2009). Fm es depositada ocasionalmente junto a algunos lentes arenosos de litoarenita y estratificación Sm originados esporádicamente por flujos de turbidez que lleva sedimento más grueso (Nichols, 2009).



Figura 37.- Litofacies Sc con contenido de *Skolithos* (señalados con flechas) en el área de Cerro de Enmedio.



Figura 38.- Miembro La Parrita con depósito Fsc que corresponde a un depósito de arenisca con trazas fósiles, probablemente *Thalassinoides*, paralelas a la estratificación. Imán tiene 7 mm de diámetro.



Figura 39.- Estratificación *hummocky* en arena gruesa con algunos clastos de caliza y riolita. Estructura sedimentaria primaria encontrada en el miembro El Pílon del área Los Panales. Imán mide 13 cm de longitud.



Figura 40.- *Ophiomorpha* en asociación de litofacies C en el miembro El Táscate del área de Los Panales.

Asociación de litofacies D.

Esta asociación muestra que la litofacies Fm es la dominante, con interestratificaciones de Gp, Sm, Sc, Slc, Sfs y Fsc. La litofacies Fm consiste principalmente en lutita calcárea, lutita tipo mudstone o físil y en menor cantidad limolita, de color gris oscuro; esta litofacies presenta ocasionalmente lentes de arenisca con estratificación cruzada. La litofacies Gp corresponde a estratos con base abrupta de arenisca gruesa con laminación paralela cruda o cruzada de bajo ángulo. Slc corresponde a lentes y estratos delgados a medios de arenisca bien clasificada con estratificación cruzada tipo *hummocky*; ocasionalmente con cementante calcáreo. La litofacies Sfs se presenta en estratos delgados a gruesos con estructuras de carga, bases erosivas y estructuras en flauta. Sm se presenta en estratos delgados a gruesos de arenisca fina a gruesa sin estructuras sedimentarias visibles. La litofacies Fsc se observa en arenisca fina de estratos delgados con estratificación cruzada de bajo ángulo y paralela, con algunas trazas fósiles como *Thalassinoides*.

La asociación de facies identificada como la zona de transición *off-shore* se puede encontrar en los miembros La Parrita y El Táscate en el área de Los Panales y cerro de Enmedio (Fig. 36). Estos consisten principalmente en sedimentos finos depositados por suspensión; también en arenas y gravas depositadas por flujos hiperconcentrados o retrabajadas durante algunas tormentas dejando como evidencia estratificación tipo *hummocky* (Fig. 41). *Thalassinoides* se

desarrollan en esta zona debido a que es un área que no es afectada constantemente por el oleaje, compuesta por arenisca fina a limolita (Nichols, 2009; Tucker, 2003).



Figura 41.- Miembro La Parrita del área Los Panales, que presenta arenisca con estratificación *hummocky*. La navaja tiene una longitud de 9 cm.

Asociación de litofacies E.

La asociación E es dominada por la litofacies Fm (Fig. 36) y presenta interestratificaciones de Sm, Sc, Fsc, Tp y Lm. La litofacies Fm está compuesta por lutita de color gris oscuro a negro en bloque (mudstone) o fósil, y por escasa limolita en estratos delgados a laminares. En esta asociación de litofacies hay lentes de arenisca o limolita (con o sin cementante calcáreo) (Fig. 42) y concreciones de limolita con ammonites. Sm está compuesto por arenisca fina a media con matriz calcárea y estratos laminares a delgados en ocasiones con minerales oxidados. Sc corresponde a una litofacies compuesta por arenisca muy fina a gruesa, en algunas ocasiones con cementante calcáreo, que se dispone en estratos delgados a gruesos, puede presentar estratificación paralela, rizaduras y gradación normal; esta litofacies presentaba adelgazamiento y engrosamiento lateral. La litofacies Tp corresponde a depósitos piroclásticos silíceos en los que se pueden identificar minerales densos en la base de muchos estratos; los estratos varían de delgados a gruesos y presentan estratificación cruzada, laminación paralela, rizaduras, gradación normal, lentes arenosos con matriz calcárea y ammonites (Fig. 21). Lm pertenece a estratos medios a gruesos de caliza wackestone o packestone continuos lateralmente; algunos de estos estratos contienen fragmentos fósiles y calciesferúlidos sin estructura aparente. La litofacies Fsc es menos común y corresponde a estratos o lentes de grano fino como limolita o arenisca fina, los cuales presentan estratificación cruzada, rizaduras y/o trazas fósiles.

Esta asociación de litofacies fue depositada en un ambiente marino somero de *off-shore* o plataforma externa, que se encuentra en los miembros La Parrita y El Táscate de las áreas Los Panales y cerro de Enmedio. La litofacies Fm es abundante y generalmente se encuentra sobre depósitos Sm y Sc, lo que marca transgresiones marinas. La litofacies Tp corresponde a depósitos piroclásticos de composición riolítica indicando la presencia de actividad volcánica al mismo tiempo que se generó mayor espacio en la cuenca donde fue depositada la litofacies Fm. Sm, Sc y Fsc pueden corresponder a canales abandonados, depósitos de flujo de gravedad o depósitos de tormentas extraordinarias (Nichols, 2009); mientras que Lm corresponde a sedimentos carbonatados depositados en la plataforma junto a la litofacies Fm.



Figura 42.- Litofacies Fm y Sc en el área de Los Panales, en el metro ~400 de la sección.

Asociación de litofacies F.

Las litofacies que forman esta asociación son Fm y Y. La litofacies Fm corresponde a lutita calcárea en bloque (mudstone) color gris oscuro a negro con algunas intercalaciones de limolita; las estructuras sedimentarias presentes son laminación paralela y pequeñas rizaduras. La litofacies Y corresponde a estratos continuos gruesos a muy gruesos de yeso reemplazado por calcita con estructuras *chicken wire*, *teepee*, nódulos y cola de golondrina (Figs. 12-14) en una matriz de lutita carbonatada (mudstone).

El ambiente supramareal Sabkha aparece en la parte inferior de la Formación Navarrete (Figs. 12, 32), donde fue depositado barro en suspensión y posteriormente cubierto por agua salada,

la cual se evaporó dejando en la superficie del suelo concentraciones de minerales disueltos posteriormente cristalizados en minerales evaporíticos; este proceso expuso fluctuaciones en el cuerpo de agua del área (Nichols, 2009).

7. PETROGRAFÍA DE ARENISCAS Y CONGLOMERADOS

Metodología

El estudio petrográfico se realizó con el fin de determinar la composición de la arenisca recolectada, la procedencia de los detritos y el origen de la fosa de Chihuahua. Cada lámina delgada se preparó en el taller de laminación del Centro de Geociencias de la UNAM campus Juriquilla. Las areniscas fueron teñidas por la mitad con cobaltinitrito de sodio para realzar los feldespatos potásicos. La determinación del tipo de plagioclasa en el microscopio se obtuvo por el método Michel-Levy. Un solo operador realizó el conteo de aproximadamente 400 puntos en cada sección (Tablas 3, 6) por el método de Gazzi-Dickinson (e.g., Ingersoll *et al.*, 1984), utilizando los parámetros de conteo de la Tabla 4. En el caso de los conglomerados del miembro El Pilón los conteos de clastos se realizaron para establecer un análisis modal. De cada uno se contaron 100 puntos.

Para la clasificación de las rocas detríticas se utilizó el diagrama ternario QFL con campos para clasificación de arenisca basada en la composición de Folk (1974; Fig. 43.A). Se usaron los diagramas ternarios QtFL de campos de procedencia estándar de Dickinson *et al.*, (1983; Fig. 43.B), los diagramas QmFLt (Fig. 43.C) y QmPK (Fig. 44.A) de Dickinson (1985), y también el diagrama QpLvLs (Fig. 44.B) de Ingersoll y Suczek (1979). Por otra parte, con el fin de resaltar la tendencia evolutiva en los detritos de las areniscas se usaron los diagramas ternarios QLsLsc (Fig. 45.A) y QpLsLsc (Fig. 45.B) de Ingersoll y Cavazza (1987) que reflejan cambios evidentes en las rocas fuente haciendo posible una mejor interpretación. Los diagramas ternarios QpLvLs, QLsLsc y QpLsLsc, algunos valores no fueron agregados al cálculo debido a que el contenido de fragmentos líticos totales era menor al 10%. Se utilizó el programa Triplot versión 4.1.2 (Thompson y Baedke, 2009; ultimo acceso 2016) para graficar los diferentes diagramas ternarios.

Tabla 3.- Lista de muestras recolectadas en las áreas de Los Panales y Plomosas. Localidades en coordenadas UTM WGS84.

MUESTRA	TIPO ROCA	X	Y	ZONA	Formación / Localidad
14LP01	Intrusivo	475906	3198699	13 R	Los Panales (LP)
14LP02	Meta-arenisca	476555	3199102	13 R	Verde / LP
14LP03	Meta-arenisca	476637	3199008	13 R	Verde / LP
14LP07	Arenisca	479290	3195622	13 R	La Casita / LP
14LP08	Arenisca	479281	3195599	13 R	La Casita / LP
14LP10	Arenisca	479271	3195578	13 R	La Casita / LP
14LP12	Arenisca	479236	3195568	13 R	La Casita / LP
14LP14	Arenisca	479263	3195537	13 R	La Casita / LP
14LP16	Toba	479229	3195502	13 R	La Casita / LP
14LP17	Arenisca	479118	3195315	13 R	La Casita / LP
14LP18	Arenisca	479068	3195262	13 R	La Casita / LP
14LP19	Arenisca	478972	3195286	13 R	La Casita / LP
14LP20	Arenisca	478969	3195280	13 R	La Casita / LP
14LP21	Caliza	478964	3195259	13 R	La Casita / LP
14LP22	Arenisca	478694	3195023	13 R	La Casita / LP
14LP23	Arenisca	478562	3194919	13 R	La Casita / LP
14LP24	Arenisca	478546	3194960	13 R	La Casita / LP
14LP25	Riolita	475402	3198411	13 R	La Casita / LP
14LP27	Riolita	478031	3196117	13 R	La Casita / LP
15LP02	Caliza	478892	3195294	13 R	La Casita / LP
15LP14	Toba	479220	3195516	13 R	La Casita / LP
15LP14a	Toba	479234	3195528	13 R	La Casita / LP
15lp15	Toba	479207	3195476	13 R	La Casita / LP
15MP02	Arenisca	473630	3212549	13R	La Casita / C. Enmedio
PM-03	Arenisca	473043	3213209	13 R	La Casita / C. Enmedio
PM-04	Arenisca	473082	3213206	13 R	La Casita / C. Enmedio
PM-05	Arenisca	473114	3213204	13 R	La Casita / C. Enmedio
PM06	Arenisca	473139	3213203	13 R	La Casita / C. Enmedio
PM07	Arenisca	473228	3213197	13 R	La Casita / C. Enmedio
M-1	Caliza	478507	3194785	13 R	Navarrete / LP
M-2	Caliza	478507	3194785	13 R	Navarrete / LP
M-3	Caliza	478507	3194785	13 R	Navarrete / LP
M-4	Caliza	478507	3194785	13 R	Navarrete / LP
M-5	Caliza	478507	3194785	13 R	Navarrete / LP
M-6	Caliza	478507	3194785	13 R	Navarrete / LP

LP = Los Panales

Tabla 4.- Parámetros de conteo de puntos en areniscas.

	Abreviatura	Tipo de grano
Qt = Qm + Qp	Qt o Q	Total de granos de cuarzo (Dickinson y Suczek, 1979)
	Qm	Cuarzo monocristalino
	Qpg	Cuarzo policristalino grueso
	Qpc	Pedernal
	Qp	Cuarzo policristalino grueso + pedernal
F = P + Fk	F	Granos de feldespato
	Fk	Feldespato potásico
	P	Plagioclasa
L = Ls+ Lv + Lm	L	Granos de líticos
	Lvf	Lítico volcánico félsico
	Lvl	Lítico volcánicos (lathwork)
	Lm	Líticos metamórficos
	Lv	Líticos volcánicos
	Ls = Lss + Lsc	Ls
Lsc		Líticos sedimentarios carbonatados
Lss		Líticos sedimentarios silíceos
Lt = L + Qp	Lt	Total de granos líticos
	md	Mineral denso
	o	Otros

Tabla 5.- Parámetros para recalcular el conteo de puntos.

Símbolo	Descripción
$QtFL\%Qt$	$= 100Qt/(Qt+F+L)$
$QtFL\%F$	$= 100F/(Qt+F+L)$
$QtFL\%L$	$= 100L/(Qt+F+L)$
$QmFLt\%Qm$	$= 100Qm/(Qm+F+Lt)$
$QmFLt\%F$	$= 100F/(Qm+F+Lt)$
$QmFLt\%Lt$	$= 100Lt/(Qm+F+Lt)$
$QmPK\%Qm$	$= 100Qm/(Qm+P+K)$
$QmPK\%P$	$= 100P/(Qm+P+K)$
$QmPK\%K$	$= 100K/(Qm+P+K)$
$QpLvLs\%Qp$	$= 100Qp/(Qp+Lv+Ls)$
$QpLvLs\%Lv$	$= 100Lv/(Qp+Lv+Ls)$
$QpLvLs\%Ls$	$= 100Ls/(Qp+Lv+Ls)$
$QpLssLsc\%Qp$	$= 100Qp/(Qp+Lss+Lsc)$
$QpLssLsc\%Lss$	$= 100Lss/(Qp+Lss+Lsc)$
$QpLssLsc\%Lsc$	$= 100Lsc/(Qp+Lss+Lsc)$
$QLssLsc\%Q$	$= 100Q/(Q+Lss+Lsc)$
$QLssLsc\%Lss$	$= 100Lss/(Q+Lss+Lsc)$
$QLssLsc\%Lsc$	$= 100Lsc/(Q+Lss+Lsc)$

Tabla 6.- Análisis porcentual obtenido en el conteo de puntos de las areniscas en Los Panales y cerro de Enmedio.

MUESTRA / Miembro	QFL%			QtFL%			QmFLt%			QmPK%			QplVLs%			QplLsLsc%			QLsLsLsc%		
	Q%	F%	L%	Qt%	F%	L%	Qm%	F%	Lt%	Qm%	P%	K%	Qp%	Lv%	Ls%	Qp%	Lss%	Lsc%	Q%	Lss%	Lsc%
14LP07	17	0	83	17	0	83	16	0	84	100	0	0	2	0	98	2	1	97	17	1	82
14LP08	32	6	63	32	6	63	28	6	67	83	17	0	6	3	91	6	1	94	35	0	65
14LP10a	23	0	77	23	0	77	20	0	80	99	1	0	4	0	96	2	2	96	23	0	77
14lp10b	29	0	71	29	0	71	21	0	79	99	1	0	10	0	90	8	6	86	29	3	68
x	25	2	73	25	2	73	21	2	77	95	5	0	6	1	94	4	2	93	26	1	73
SD	6	2	7	56	2	7	4	2	7	7	79	0	3	1	3	3	2	4	7	1	7
14lp12	90	10	0	90	10	0	81	10	10	89	7	4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
14lp14	13	0	87	13	0	87	13	0	87	100	0	0	0	0	100	0	0	100	13	0	87
14lp17	86	8	7	86	8	7	76	8	17	91	9	0	100	0	0	87	13	0	100	0	0
14lp18	64	15	21	64	15	21	60	15	24	80	20	0	15	0	85	12	7	80	76	1	23
14lp19	74	13	13	74	13	13	71	13	16	84	16	0	20	0	80	18	2	80	86	0	14
14lp20	81	14	5	81	14	5	69	14	17	83	17	0	91	2	8	81	12	8	99	0	1
x	79	12	9	79	12	9	71	12	17	86	14	1	56	0	43	50	8	42	90	0	10
SD	9	3	7	9	3	7	7	3	5	4	5	2	39	1	39	35	4	38	10	1	10
14lp22	98	0	2	98	0	2	86	0	14	100	0	0	90	0	10	58	33	9	99	0	1
14lp24	94	6	0	94	6	0	88	6	6	94	6	0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
14lp23	87	13	0	87	13	0	84	13	2	86	0	14	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
x	93	6	1	93	6	1	86	6	8	93	2	5	90	0	10	57	33	10	99	0	1
SD	5	5	1	5	5	1	2	5	5	6	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM-03	89	7	3	89	8	3	73	8	19	91	0	9.4	84	13	3	42	55	3	99	0	1
PM-04	86	3	11	86	3	11	69	3	28	97	0	3	62	3	35	52	12	35	90	0	10
PM-05	99	1	0	99	1	0	90	1	9	99	0	1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
PM-06	95	4	1	95	4	1	82	4	14	95	1	3	91	7	2	57	43	0	100	0	0
PM-07	95	2	3	95	2	3	91	2	7	98	0	2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
x	93	3	4	93	3	4	81	3	16	96	0	4	79	8	13	51	37	2	96	0	4
SD	5	2	4	5	2	4	9	2	8	3	0	3	13	4	16	7	18	16	5	0	5
15MP02 *	92	3	5	92	3	5	83	3	13	96	1	3	62	33	5	59	32	8	99	0	1

LP = Los Panales; CE = Cerro de Enmedio

* La Parrita / C. Enmedio

Petrografía de rocas detríticas

Tipos de granos en areniscas

Granos monocristalinos.

Los granos de tipo monocristalino son predominantemente cuarzo monocristalino (Qm) con extinción recta y ondulante. El cuarzo con extinción recta puede presentar bahías que caracterizan al cuarzo proveniente de vulcanismo, mientras que el cuarzo con extinción ondulante generalmente muestra bordes redondeados a muy redondeados con crecimiento sintaxial (Fig. 46). Granos de plagioclasa (P) y feldespato potásico (Fk) están presentes en menor cantidad. Los tipos de plagioclasa (Fig. 47) dominantes son oligoclasa y albita, procedentes de vulcanismo y los cuales se encuentran generalmente quebrados, alterados o deformados por compactación. Los granos de feldespato potásico (Fig. 48) son escasos, alterados o inexistentes en la mayoría de las láminas delgadas, probablemente procedentes de intrusivos.

Granos policristalinos.

Los granos policristalinos son principalmente granos de cuarzo policristalino (Qp) y líticos carbonatados (Lsc), mientras que líticos metamórficos (Lm) y volcánicos (Lv) son menos comunes. Los granos de cuarzo policristalino (Fig. 49) varían ampliamente en su forma desde angulares a bien redondeados, generalmente se encuentran con extinción ondulante y la mayoría sin una orientación preferencial de sus unidades cristalinas. Granos de pedernal (Fig. 50) varían en forma de redondeado a subanguloso, generalmente compuestos por un agregado cristalino homogéneo, algunos de estos presentan recristalización. Los líticos sedimentarios están conformados principalmente por granos de caliza micrítica, y en menor cantidad por arenisca, esparita, limolita y lutita. Estos líticos son más abundantes en el miembro El Pilón. Los líticos volcánicos son escasos e incluye fragmentos de riolita, granos félsicos con matriz afanítica, ignimbrita y lathwork. Varios de estos fragmentos líticos están alterados por albitización y propilitización. Los fragmentos líticos metamórficos incluyen filita y esquisto, los cuales muestran minerales como arcilla illita orientada ligeramente según la foliación (Fig. 47).

Diagénesis.

Se puede observar diversos procesos diagenéticos físicos y químicos en las areniscas de las áreas Los Panales y cerro de Enmedio, que resultan del sepultamiento y la interacción de fluidos. La diagénesis física se observa en el empaquetamiento de los granos, mostrando areniscas clasto soportadas con contactos principalmente cóncavo-convexos y rectos (Fig. 48), y en menor cantidad se observan contactos puntuales y suturados. En las muestras recolectadas es común la cementación de calcita en poros y fracturas; se puede observar en algunas ocasiones el reemplazamiento de calcita en plagioclasas. En menor cantidad se encuentra dolomita y sílice como cementantes. La cementación de sílice genera crecimiento sintaxial en los granos de cuarzo (Fig. 46). Además, el feldespato potásico muestra albitización (Fig. 52) o

disolución, que deja como evidencia los bordes de huecos teñidos por cobaltinitrito de sodio. También se distingue mica blanca reemplazando feldespatos y cementándose en los intersticios (Fig. 52). Es visible el reemplazamiento secundario de magnetita por hematita; además, se observa hematita en fracturas y en los bordes de los granos (Fig. 47).

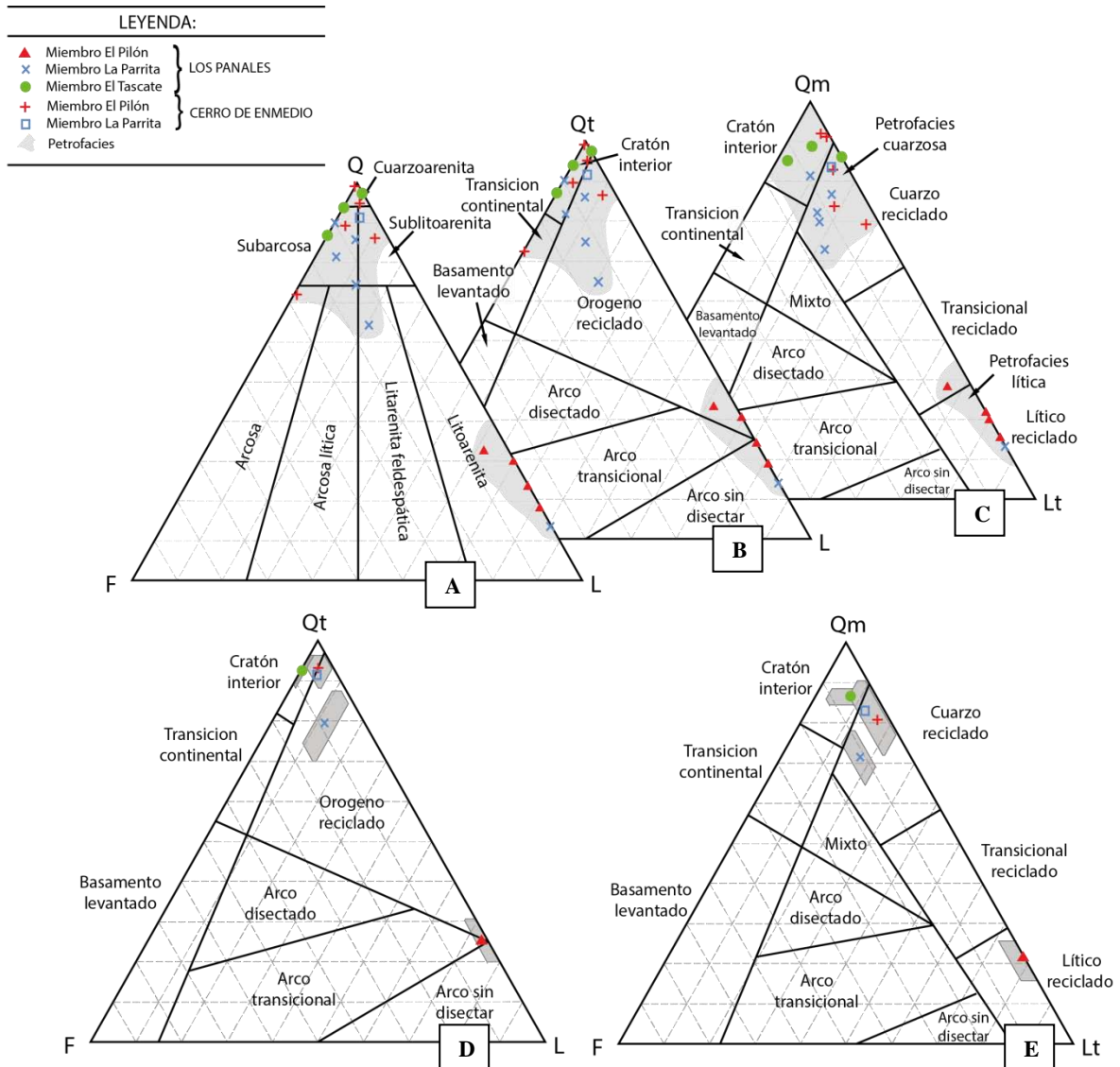


Figura 43.- Diagrama ternario QFL (A) para la clasificación de areniscas de Folk (1974); Diagramas ternarios QtFL (B) y QmFLt (C) utilizados para la identificación de los campos de procedencia de Dickinson *et al.* (1983, 1985). Los campos grises en diagramas A, B y C señalan las petrofacies definidas en el texto. En la parte inferior se presentan los diagramas ternarios QtFL (D) y QmFLt (E) que muestran la composición modal obtenida en las areniscas de los diferentes miembros en la Formación La Casita; los polígonos representan la desviación estándar obtenida en cada miembro.

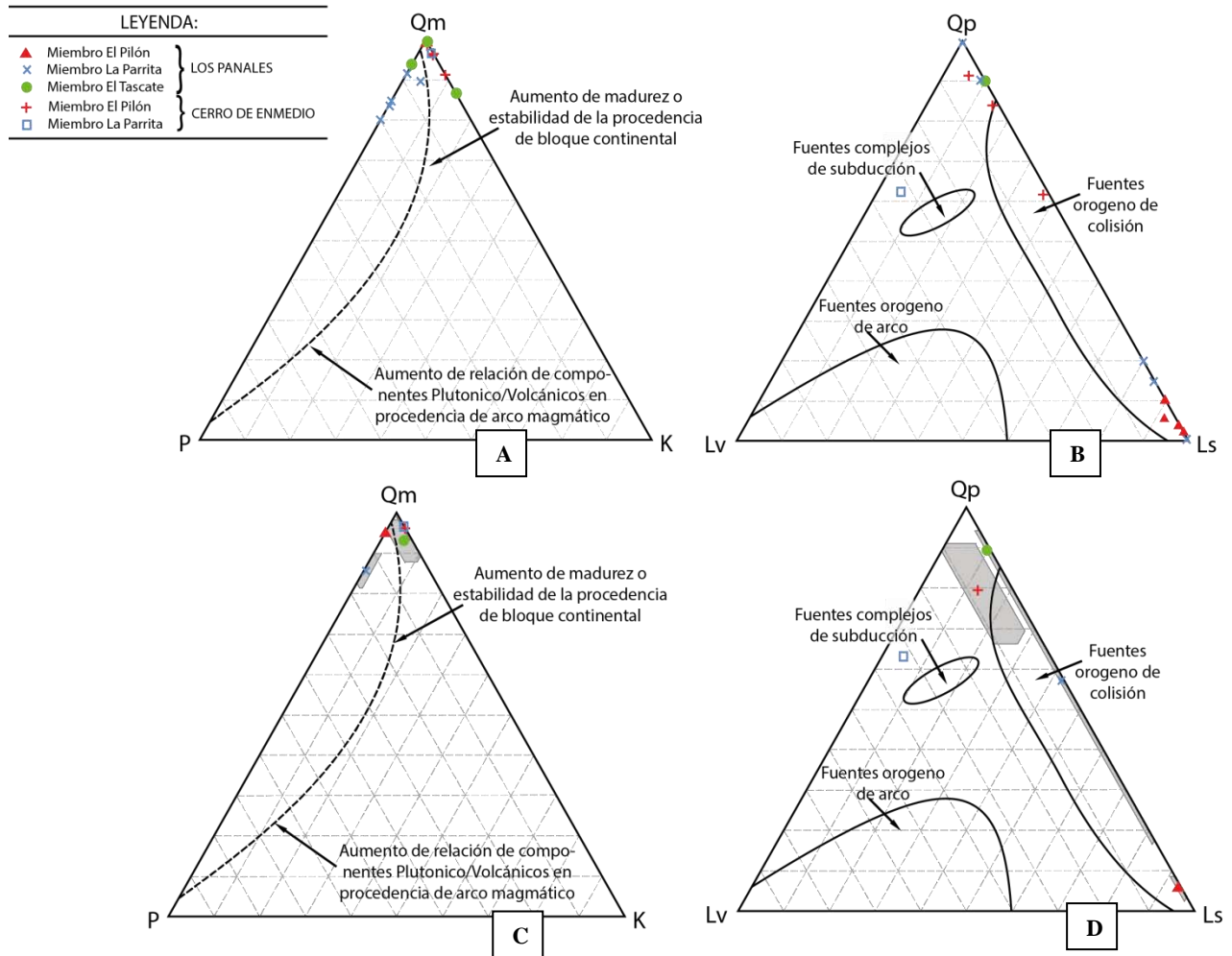


Figura 44.- Diagramas ternarios (A) QmPK de Dickinson (1985), y (B) QpLvLs de Ingersoll y Suczek (1979). (C) QmPK y (D) QpLvLs. Polígonos simbolizan la desviación estándar que se obtuvo de cada miembro.

LEYENDA:		
▲	Miembro El Pílon	} LOS PANALES
×	Miembro La Parrita	
●	Miembro El Tascate	
+	Miembro El Pílon	} CERRO DE ENMEDIO
□	Miembro La Parrita	

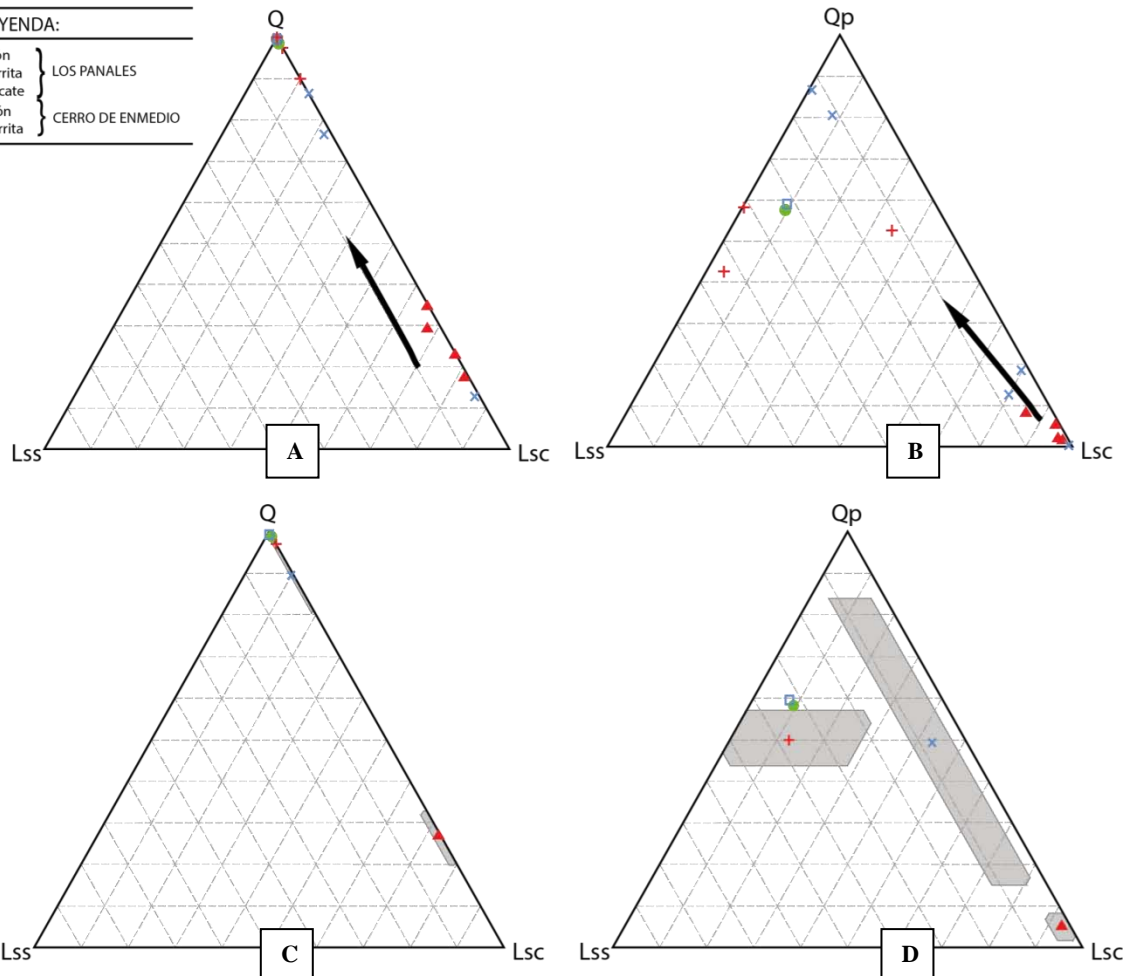


Figura 45.- Diagramas ternarios (A) QLssLsc y (B) QpLssLsc (Ingersoll y Cavazza, 1987). Flechas indican evolución estratigráfica de las areniscas. (C) QLssLsc y (D) QpLssLsc. Polígonos representan la desviación estándar obtenida en cada miembro.

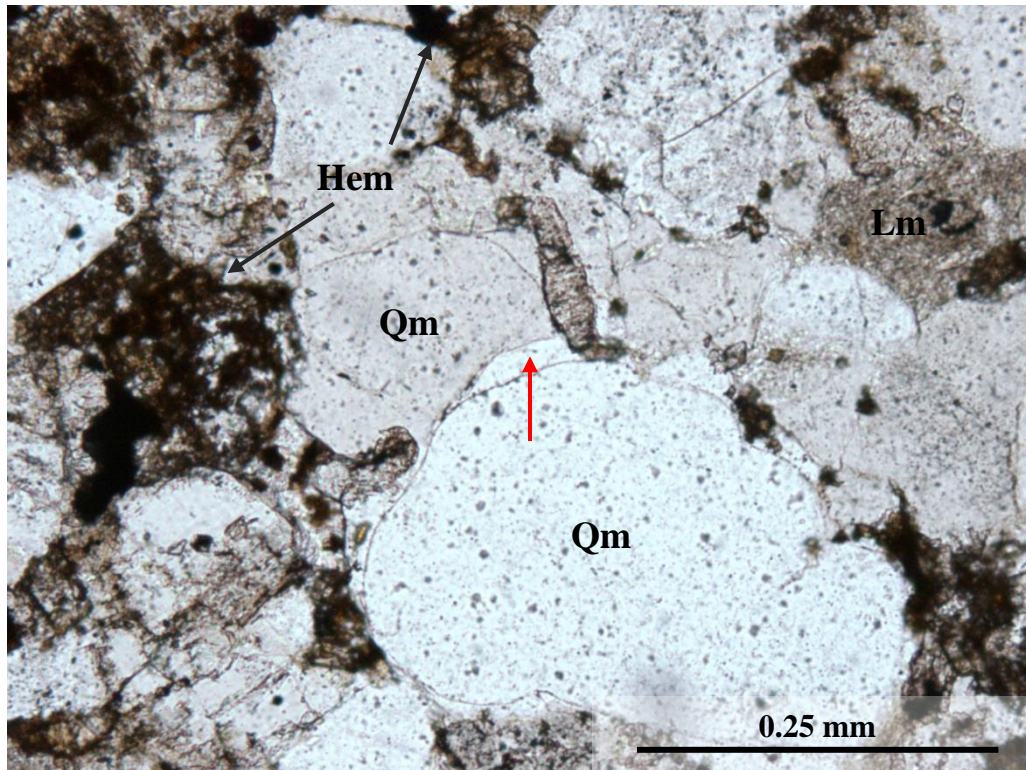


Figura 46.- Fotomicrografía de subarcosa del miembro La Parrita (muestra 14LP17). Cuarzo monocristalino (Qm) con crecimiento sintaxial (indicado con flecha), hematita (Hem) en los poros y lítico metamórfico (Lm).

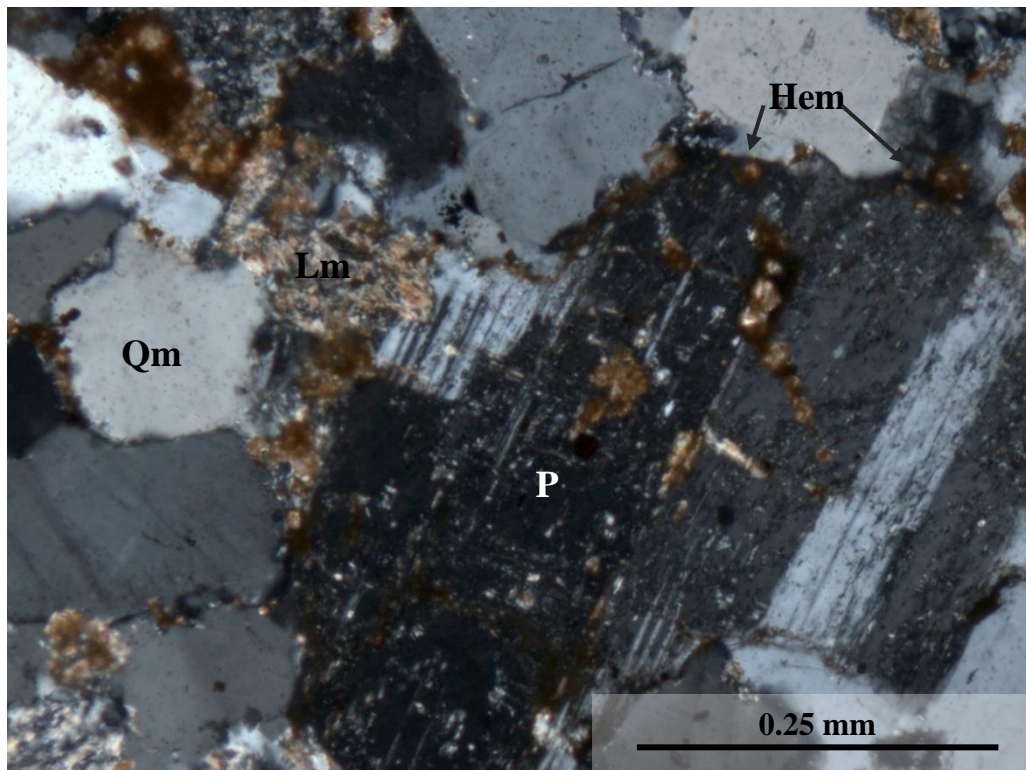


Figura 47.- Fotomicrografía de subarcosa del miembro La Parrita de (muestra 14LP17). Plagioclasa (P) con macla polisintética ligeramente alterada con mica blanca, cuarzo monocristalino (Qm), lítico metamórfico (Lm) y hematita (Hem) entre poros y fracturas.

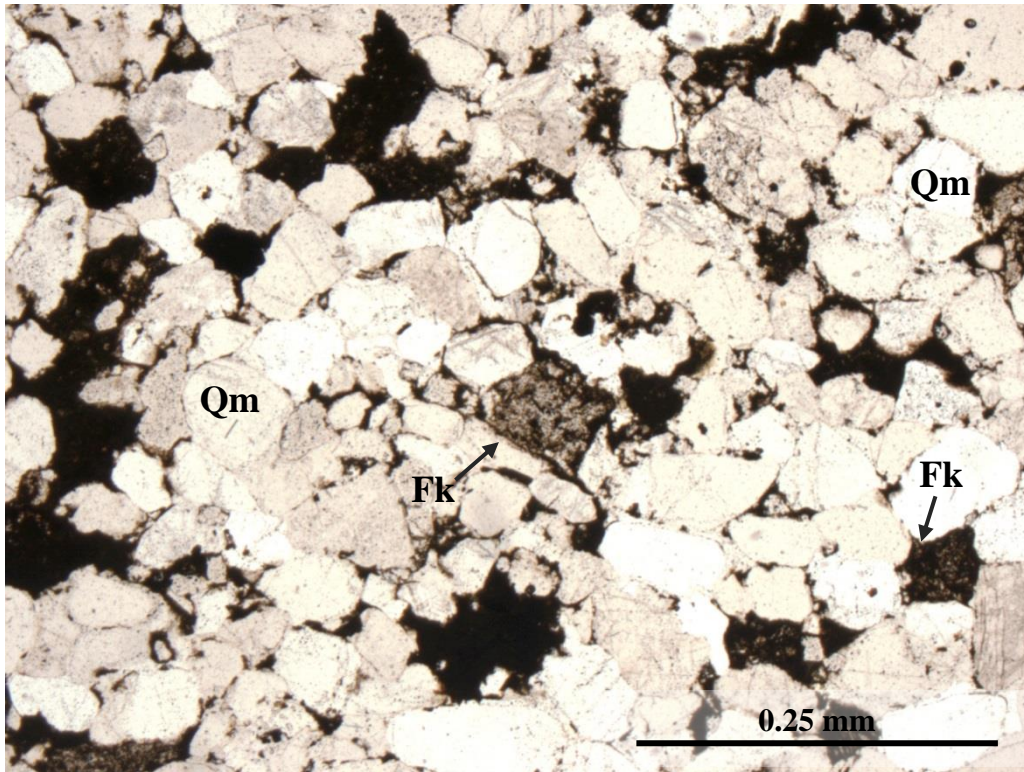


Figura 48.- Fotomicrografía de subarcosa del miembro El Táscate (muestra 14LP23). Contactos rectos y cóncavo-convexos. Feldespato alterado (Fk) teñido por cobaltinitrito de sodio, rodeado de cuarzo monocristalino (Qm).

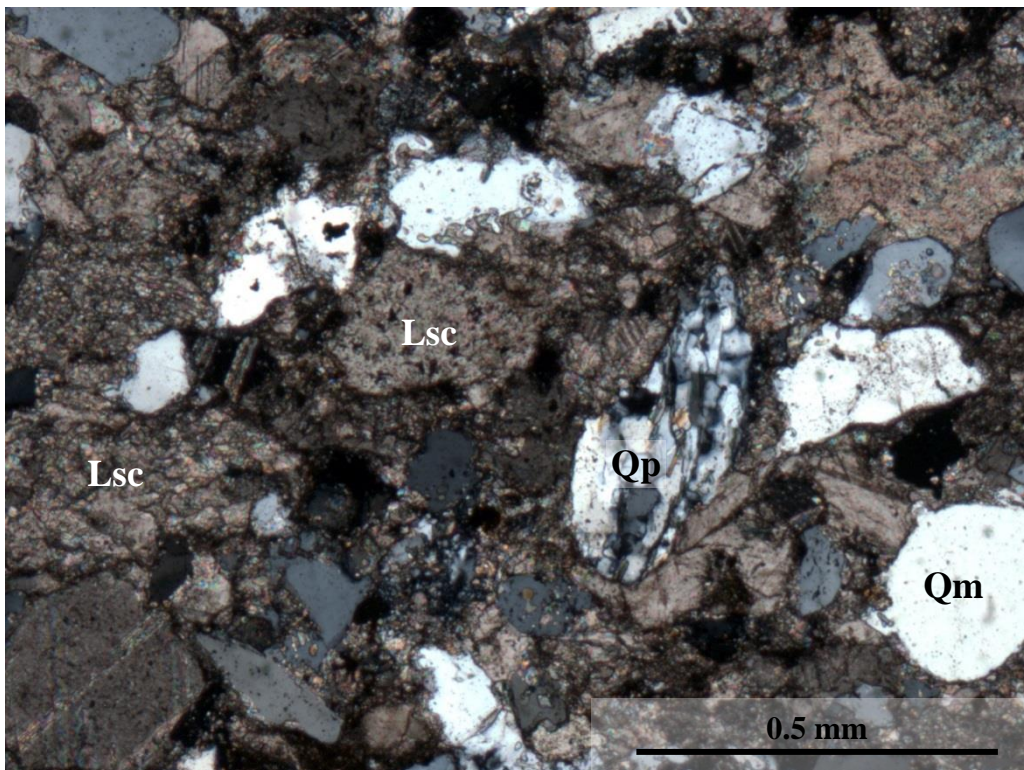


Figura 49.- Fotomicrografía de litoarenita del miembro El Pilón (muestra 14LP07). Cuarzo monocristalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp) (con unidades cristalinas orientadas), líticos sedimentarios carbonatados (Lsc) y cementante calcáreo.

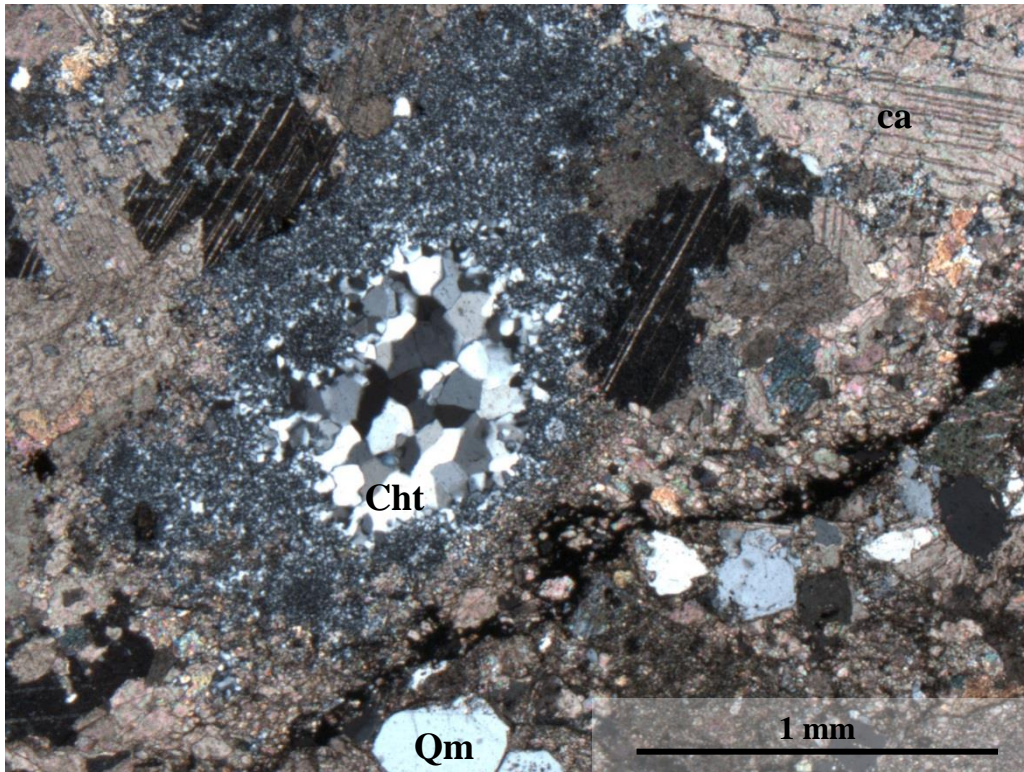


Figura 50.- Fotomicrografía de litoarenita del miembro El Pílon (muestra 14LP07). Recristalización de pedernal (Cht) en fragmento de gasterópodo?, rodeado por granos de calcita (ca) y cuarzo monocristalino (Qm).

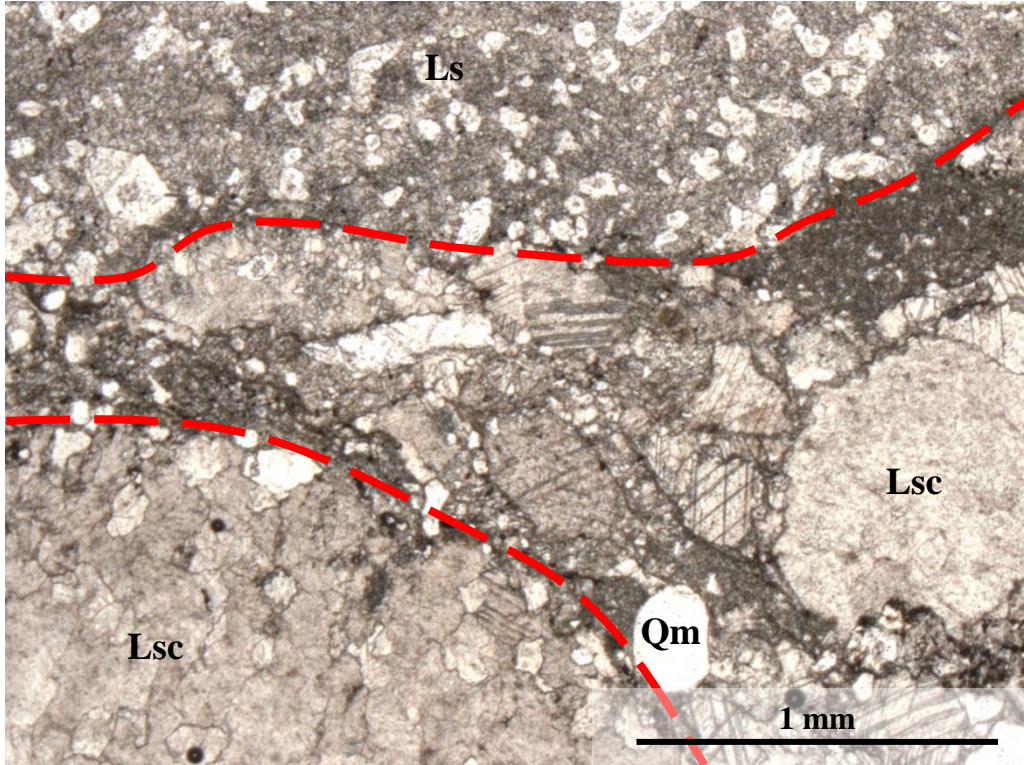


Figura 51.- Fotomicrografía de conglomerado en el miembro El Pílon (muestra 14LP10a). Fragmentos líticos carbonatados (Ls), granos sedimentarios calcáreos (Lsc) y cuarzo monocristalino (Qm) en matriz calcárea.

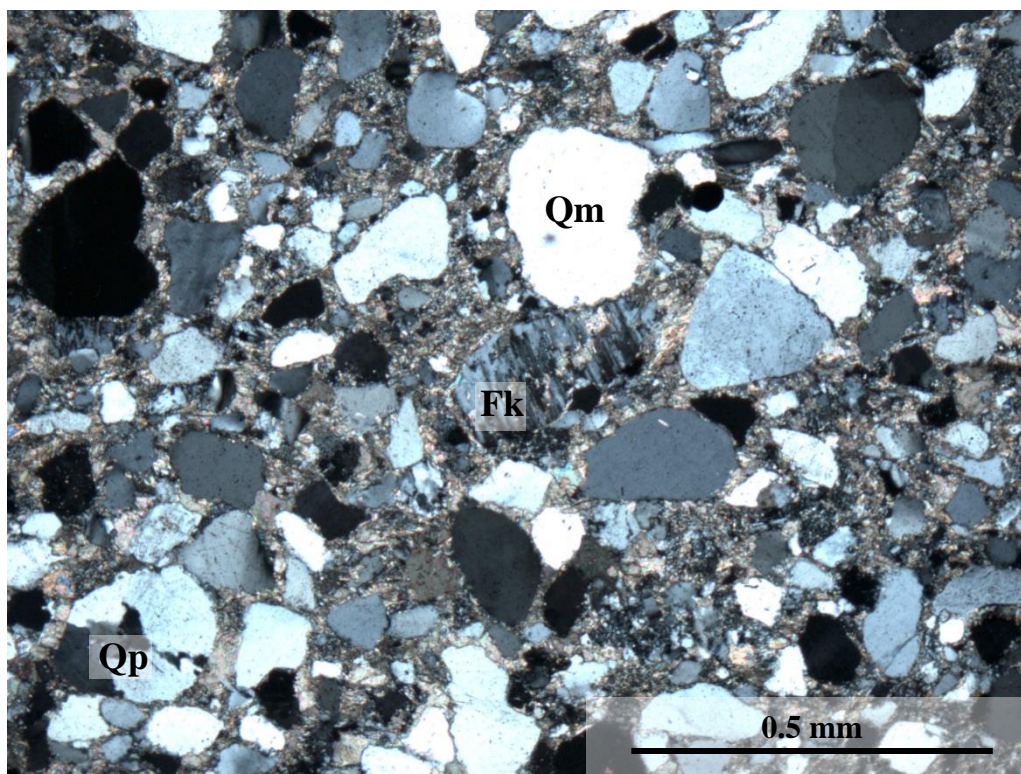


Figura 52.- Fotomicrografía de subarcosa del miembro El Pílon (muestra PM-06). Cuarzo monocristalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp) y feldespato potásico albitizado (Fk) envueltos en matriz con carbonato y mica blanca.

Composición de las areniscas

Las areniscas de la Formación La Casita son principalmente litoarenitas, subarcosas y cuarzoarenitas, con algunas muestras que cayeron en el campo de arcosa, litoarenita feldespática y sublitoarenita de acuerdo a la clasificación de Folk (1974; Fig. 43.A; Tabla 6). Las areniscas mostraron mayor madurez composicional al subir estratigráficamente en el área de Los Panales.

Las areniscas del miembro El Pílon en el área Los Panales son exclusivamente litoarenitas (Fig. 43.A). Muchas areniscas son de grano muy grueso, y otras contienen laminación paralela marcada por minerales densos. La mayoría de los granos corresponden a líticos sedimentarios carbonatados con una media del 73% y una desviación estándar de 7% (Tabla 6; Figs. 45.B, 45.D, 51). El contenido de cuarzo es el segundo más abundante con una media de 25% y una desviación estándar de 6% (Tabla 6). Las muestras del miembro El Pílon en el área de Los Panales son areniscas de grano muy grueso, con poca madurez y moderada clasificación de los sedimentos, los cuales varían desde angulosos a redondeados. Granos de cuarzo monocristalino (Qm) con extinción recta u ondulante generalmente varían de subredondeados a redondeados, mientras que granos de micrita, esparita, limolita, pedernal o líticos volcánicos varían de subanguloso a subredondeado, lo cual indica una fuente de origen proximal. Algunos granos de cuarzo monocristalino (Qm) presentan crecimiento sintaxial, dando evidencia de al menos un

segundo ciclo de sedimentación. Se pueden encontrar fragmentos de braquiópodos, fragmentos de equinodermo y otros bioclastos. En las láminas delgadas las estructuras sedimentarias más visibles y representativas son gradación inversa y laminación paralela.

El miembro El Pílon en el área de cerro de Enmedio contiene arcosas, subarcosas, sublitoarenitas y cuarzoarenitas. El contenido de cuarzo presenta una media de 93% con una desviación estándar de 5% (Tabla 6). Las areniscas son generalmente submaduras y moderadamente clasificadas, cuyos granos varían de subredondeados a subangulares. Se encontraron granos de cuarzo monocristalino con extinción recta y ondulante, cuarzo policristalino, pedernal, feldespatos, líticos volcánicos félsicos y líticos sedimentarios como limolita, lutita y micrita.

Las rocas en el miembro El Pílon del área de Los Panales se diferencian del área de cerro de Enmedio por su madurez composicional y clasificación. En Los Panales se encuentran litoarenitas, mientras que en cerro de Enmedio hay arcosas, subarcosas, sublitoarenitas y cuarzoarenitas; lo cual probablemente indica drenajes diferentes al inicio del rifting y el comienzo de una secuencia de descapote de la sección del Mesozoico Inferior y del Paleozoico.

En el miembro La Parrita en Los Panales se identificaron litoarenitas feldespáticas y subarcosas (Fig. 43.A). El contenido de cuarzo total (Q o Qt) en las muestras presentan una media de 79% con una desviación estándar de 9% y un contenido de líticos (L) con una media de casi 9% y una desviación estándar de 7%; para graficar los datos de este miembro no se tomó en cuenta la muestra 14LP14, debido a que el valor es anómalo. Las muestras recolectadas en este miembro son areniscas que principalmente muestran moderada madurez composicional, lo cual puede ser apreciado en el diagrama ternario QpLssLsc con una amplia desviación estándar (Fig. 45B y 45D; Tabla 6), junto con una moderada clasificación en cuanto a su tamaño de grano; además, un amplio grado de redondeamiento que varía de angular a subredondeado. Se identificaron granos de cuarzo monocristalino con extinción recta y ondulante, micrita, esparita, cuarzo bipiramidal autigénico, pedernal, plagioclasa, esquisto, cuarzo policristalino y fragmentos de bioclastos. Se observó en varios granos de cuarzo monocristalino crecimiento sintaxial. Como estructuras sedimentarias primarias se identificó gradación normal. En el área de cerro de Enmedio se identificó una sublitoarenita con un 91% del cuarzo total (Fig. 43.A). La muestra 15MP02 es una arenisca submadura con casi el 92% de contenido de cuarzo, está bien clasificada con granos que varían de subangulosos a muy bien redondeados. Se encontraron granos de cuarzo monocristalino con extinción recta y ondulante, cuarzo policristalino, feldespatos, pedernal, fragmentos líticos volcánico-félsicos y micrita.

El miembro superior El Táscate mostró mayor madurez composicional con cuarzoarenitas y subarcosas. El contenido de cuarzo total presenta una media de casi el 93%, con una desviación estándar de 5% (Fig. 43.A, Tabla 6). Las muestras recolectadas son areniscas maduras bien

clasificadas cuyos granos varían de subangulosos a subredondeados. Se identificaron granos de cuarzo monocristalino con extinción recta y ondulante, cuarzo policristalino, minerales opacos y pedernal generalmente bien redondeado; las plagioclasas y feldespatos potásicos están quebrados y/o alterados. Predomina el cuarzo monocristalino con extinción ondulante y se identificaron algunos granos redondeados con crecimiento sintaxial.

Composición de los clastos en los conglomerados del miembro El Pilón en Los Panales.

Los conglomerados consisten principalmente de clastos de riolita, caliza, pedernal, arenisca de cuarzo y cuarzo blanco, que varían de subangulares a subredondeados, con un tamaño entre 0.5 a 15 cm. Los diagramas de pastel (Fig. 53) indican que el porcentaje de clastos de riolita es generalmente mayor, seguido por clastos de caliza. Se puede observar un patrón similar en los primeros puntos evaluados (a–d); sin embargo, al engrosarse el miembro, no se puede establecer una continuidad exacta entre los diferentes estratos (e–h) debido a truncaciones o cobertura de coluvión. La proporción de los clastos es muy similar a la que se pudo observar en el área de cerro de Enmedio, con base en observaciones hechas en campo.

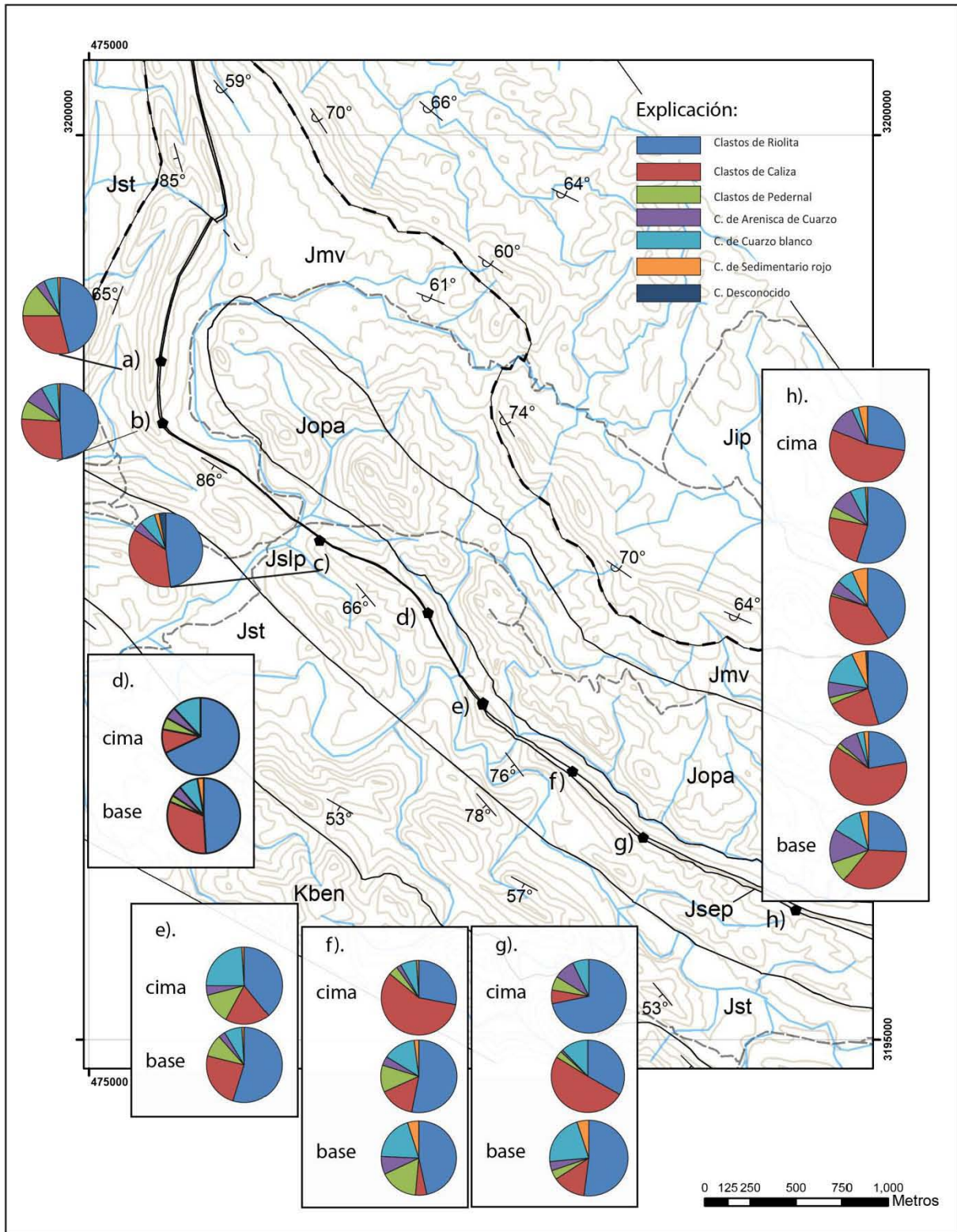


Fig. 53.- Conteos de clastos realizados en el miembro El Pilón del área Los Panales.

Petrofacies y Procedencia.

Las areniscas de la Formación La Casita fueron subdivididas en 2 petrofacies definiéndose la petrofacies lítica y la petrofacies cuarzosa (Fig. 43.C).

La petrofacies lítica se restringe casi completamente al miembro el Pílon en el área de Los Panales, con la excepción de una muestra que se encuentra muy cercana a la base del miembro La Parrita en la misma área. Las areniscas caen en los campos orógeno reciclado y arco sin disectar del diagrama ternario QtFL y en los campos lítico reciclado y transicional reciclado del diagrama ternario QmFLt de campos de procedencia de Dickinson (1985) (Fig. 43.B-C). Las petrofacies contienen un promedio de más del 60% de fragmentos líticos y menos del 5% de feldespato. El alto contenido de fragmentos líticos sedimentarios carbonatados de extracuenca (Lsc), que se observan en los diagramas ternarios QLsSLsc y QpLsSLsc de las areniscas del miembro El Pílon (Fig. 45.A-D; Fig. 51), hace que estas areniscas caigan en los campos de orógeno reciclado de Dickinson (1985), lo cual no es típico en un *rift* (Dickinson y Suczek, 1979). Esta anomalía en la composición de las areniscas se justifica con amplia presencia de afloramientos con rocas sedimentarias del Jurásico Medio y Tardío, y por las rocas carbonatadas del Paleozoico en los hombros del *rift*, en lugar de rocas del basamento; dando como resultado una aparente incoherencia entre la composición de las areniscas depositadas en la cuenca y su interpretación tectónica (Mack, 1984).

La petrofacies cuarzosa abarca todas las muestras del miembro El Táscate y la mayor parte del miembro La Parrita en el área de Los Panales; sin embargo, también contiene todas las muestras de los miembros El Pílon y La Parrita del área cerro de Enmedio. Las areniscas caen en los campos cuarzo reciclado y cratón interior del diagrama ternario QmFLt de campos de procedencia de Dickinson (1985) (Fig. 43.C). El contenido de cuarzo en la petrofacies cuarzosa es mayor al 60%, lo cual refleja en el diagrama ternario QmPK (Fig. 44.A) un aumento en la madurez o estabilidad de la procedencia en la cuenca.

8. GEOCRONOLOGÍA

Metodología

Diecisiete muestras fueron recolectadas en campo durante la medición de las secciones estratigráficas en las formaciones La Casita y Verde, y en el intrusivo Los Panales, en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio (Tablas 7 y 8). Las muestras fueron sometidas a un proceso de separación mineral en taller de molienda del Centro de Geociencias de la UNAM campus Juriquilla, donde se pudieron recolectar los circones utilizados en este trabajo. Se procedió a moler la roca en una quebradora y después el material fue tamizado; posteriormente se utilizó una batea para separar los circones por densidad. Los granos que se obtuvieron fueron observados bajo un microscopio binocular para así separar los circones que fueron montados en resina epóxica; después se desbastó y pulió cada montaje. Para los análisis de circones detríticos se montaron aproximadamente 120 granos, mientras que para las rocas ígneas se montaron aproximadamente 50 granos.

Los circones fueron estudiados mediante imágenes de catodoluminiscencia y análisis geocronológicos realizados en los laboratorios de Microscopía Electrónica y de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias de la UNAM. La catodoluminiscencia se realizó usando un detector especial de catodoluminiscencia acoplado a un microscopio electrónico de barrido (CL-SEM). Los estudios isotópicos de U-Pb en circones se realizaron a 100 granos en rocas detríticas y a 35 granos en rocas ígneas usando la espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo por ablación laser (LA-ICP-MS; Solari *et al.*, 2010). En el LEI se cuenta con un sistema formado por un espectrómetro de masas cuadrupolar Thermo iCap Qc QICPMS acoplado a una estación de trabajo laser Resolution M050 que permite hacer fechamientos puntuales en minerales. Durante el análisis de circones en el laboratorio se utilizó en el aparato un flujo de He de 700 ml/min y N₂ de 4 ml/min. La energía laser (fluencia) es ±6 Joules/cm².

Los datos obtenidos fueron reducidos y corregidos mediante el software Lolite, posteriormente se obtuvieron graficas de concordia U-Pb y diagramas de curva de probabilidad con la macro Isoplot (v.4.15; Ludwig, 2012) para Excel. En la macro Age Pick para Excel (Gehrels, 2009; último acceso septiembre del 2016) fueron integrados los análisis de U-Pb junto con un análisis visual del lugar en que se disparo el laser (nucleo o borde) en el cristal, con lo cual se obtuvieron los picos más sobresalientes de diferentes rangos de edad que fueron utilizados en este trabajo. Esta macro puede determinar una edad robusta y la incertidumbre para el conjunto de análisis, además de proporciona diversas herramientas como graficos de edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ contra concentración de U, U/Th y concordia, también proporciona para análisis seleccionados la edad media ponderada, la incertidumbre y el MSWD. Por otra parte, se encontraron algunos granos de circones con un porcentaje de discordancia mayor a 20% y – 5% que se consideraron poco

confiables, ya que probablemente tuvieron una pérdida de plomo, por lo que no fueron tomadas en cuenta durante las interpretaciones de los datos.

El análisis de U-Pb indica que todas las rocas analizadas en las áreas de estudio están dentro del Jurásico Inferior al Tardío, con excepción de un dique del Eoceno (Tablas 7 y 8).

Tabla 7.- Listado de edades obtenidas por el método U-Pb en circones detríticos en las áreas de Los Panales (LP) y cerro de Enmedio (CE). Coordenadas UTM WGS84.

Muestra	Localidad	Formación / miembro	Tipo	Edad máxima del deposito	Coordenadas		
					X	Y	ZONA
14LP02	LP	Verde	Arenisca	181 ± 4 Ma	476555	3199102	13 R
14LP03	LP	Verde	Arenisca	174 ± 8 Ma	476637	3199008	13 R
14LP07	LP	La Casita / El Pílon	Arenisca	157 ± 3 Ma	479290	3195622	13 R
14LP08	LP	La Casita / El Pílon	Arenisca	173 ± 3 Ma	479281	3195599	13 R
15PM03	CE	La Casita / El Pílon	Arenisca	164 ± 4 Ma	473043	3213209	13 R
14LP12	LP	La Casita / La Parrita	Arenisca	143 ± 4 Ma	479236	3195568	13 R
14LP17	LP	La Casita / La Parrita	Arenisca	177 ± 5 Ma	479118	3195315	13 R
14LP18	LP	La Casita / La Parrita	Arenisca	198 ± 5 Ma	479068	3195262	13 R
14LP20	LP	La Casita / La Parrita	Arenisca	165 ± 3 Ma	478969	3195280	13 R
14LP22	LP	La Casita / El Táscate	Arenisca	175 ± 5 Ma	478694	3195023	13 R
14LP23	LP	La Casita / El Táscate	Arenisca	154 ± 3 Ma	478562	3194919	13 R
14LP24	LP	La Casita / El Táscate	Arenisca	155 ± 4 Ma	478546	3194960	13 R

Tabla 8.- Listado de edades obtenidas por el método U-Pb en circones de rocas ígneas en el área de Los Panales (LP). Coordenadas UTM WGS84.

Muestra	Localidad	Formación / miembro	Tipo	Edad de cristalización	Coordenadas		
					X	Y	ZONA
14LP01	LP	Intrusivo Los Panales	Intrusivo	156 ± 4 Ma	475906	3198699	13 R
14LP25	LP	La Casita / El Pílon	Clasto Riolita	185 ± 1 Ma	475402	3198411	13 R
14LP27	LP	La Casita / El Pílon	Clasto Riolita	187 ± 1 Ma	478031	3196117	13 R
15LP15	LP	La Casita / La Parrita	Toba	150 ± 1 Ma	479207	3195476	13 R
14LP26	LP	-	Dique riolítico	34 ± 1 Ma	476618	3197597	13 R

Geocronología de rocas ígneas

Intrusivo Los Panales.

La muestra 14LP01 (Tabla 8) contiene circones con tamaños que varían entre 50 a 170 μm , generalmente rechonchos y prismáticos con facetas subredondeadas a redondeadas, lo que podría indicar que fueron transportados de una fuente lejana, sedimentados y por último removidos de las formaciones que conforman la columna estratigráfica durante el emplazamiento del material ígneo. La mayoría de los granos tienen buena luminiscencia y pocos cristales son oscuros con núcleos de circones heredados ligeramente más luminiscentes que las zonaciones oscilatorias que los rodean, lo cual indica un núcleo con bajo contenido de uranio rodeado por un borde con alto contenido de uranio, lo cual causa el oscurecimiento del borde (Corfu *et al.*, 2003); las zonaciones oscilatorias que indican sobrecrecimiento generalmente son muy delgadas, por lo que no se pudieron analizar por la amplitud del punto de análisis del láser.

Se analizaron 35 granos de circón, obteniéndose diagramas de curva de probabilidad relativa y de concordia U-Pb de los circones (Fig. 54), en los que se aprecia una amplia variedad de edades por la presencia de circones heredados. El grano más joven es de 156 ± 4 Ma (2σ) con 14% de discordancia; sin embargo, es un solo circón aislado de la población (3% de la población total) y poco representativo. El siguiente grupo más joven lo representan dos granos (6%) del grupo I con edades de 203 ± 7 Ma y 204 ± 3 Ma. Las edades que incluye esta roca ígnea varían desde el Kimmeridgiano al Neoarqueano (2771 ± 18 Ma).

Toba del miembro La Parrita

Un horizonte de toba silíceo (15LP15) fue muestreado para fechar granos y fragmentos de granos de circón, principalmente rechonchos, subhedrales y algunos alargados, con un tamaño que varía entre 40 a 140 μm ; los bordes y terminaciones piramidales generalmente están redondeados. Las imágenes de catodoluminiscencia muestran cristales con muy buena luminiscencia con zonaciones oscilatorias claras y generalmente delgadas. Algunos cristales muestran zonaciones de crecimiento complejas, donde el crecimiento regular del cristal es interrumpido por discontinuidades texturales y seguido por nuevos crecimientos de zonificación, esto es ocasionado por la reabsorción del cristal en magma (Corfu *et al.*, 2003). La toba silíceo proporcionó una edad tithoniana de 150 ± 1 Ma (2σ) (Fig. 55), con un MSWD = 1.1 y $n = 19$, que se interpreta como la edad de cristalización. También se encontraron escasos granos con edades permotriásicas y panafricanas.

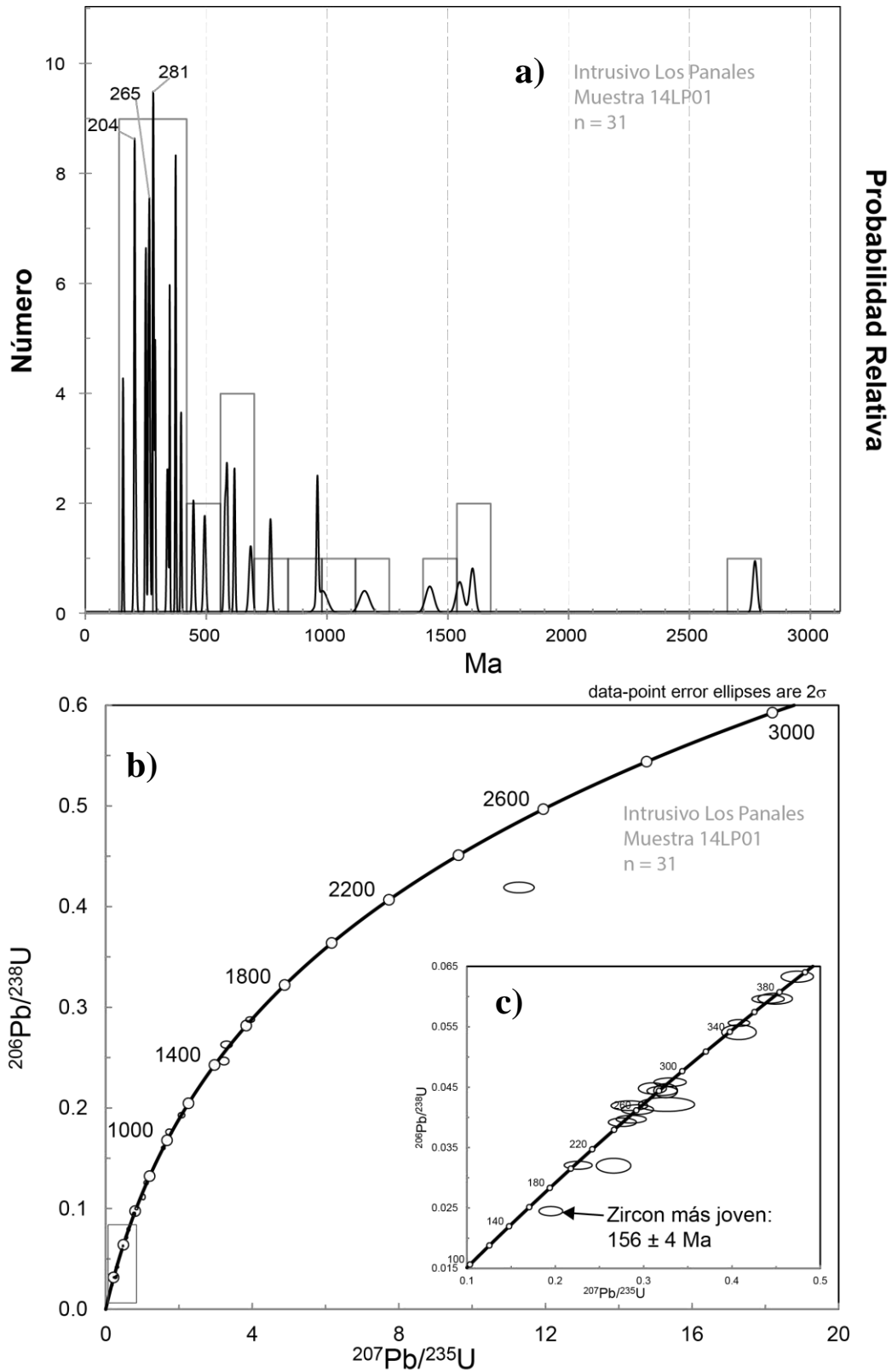


Figura 54.- a) Diagrama de curva de probabilidad relativa del intrusivo Los Panales (muestra 14LP01); b) diagrama de concordia U-Pb de todos los circones del intrusivo (muestra 14LP01); c) diagrama de concordia U-Pb de los circones menores a 400 Ma. La mayoría de los granos son heredados.

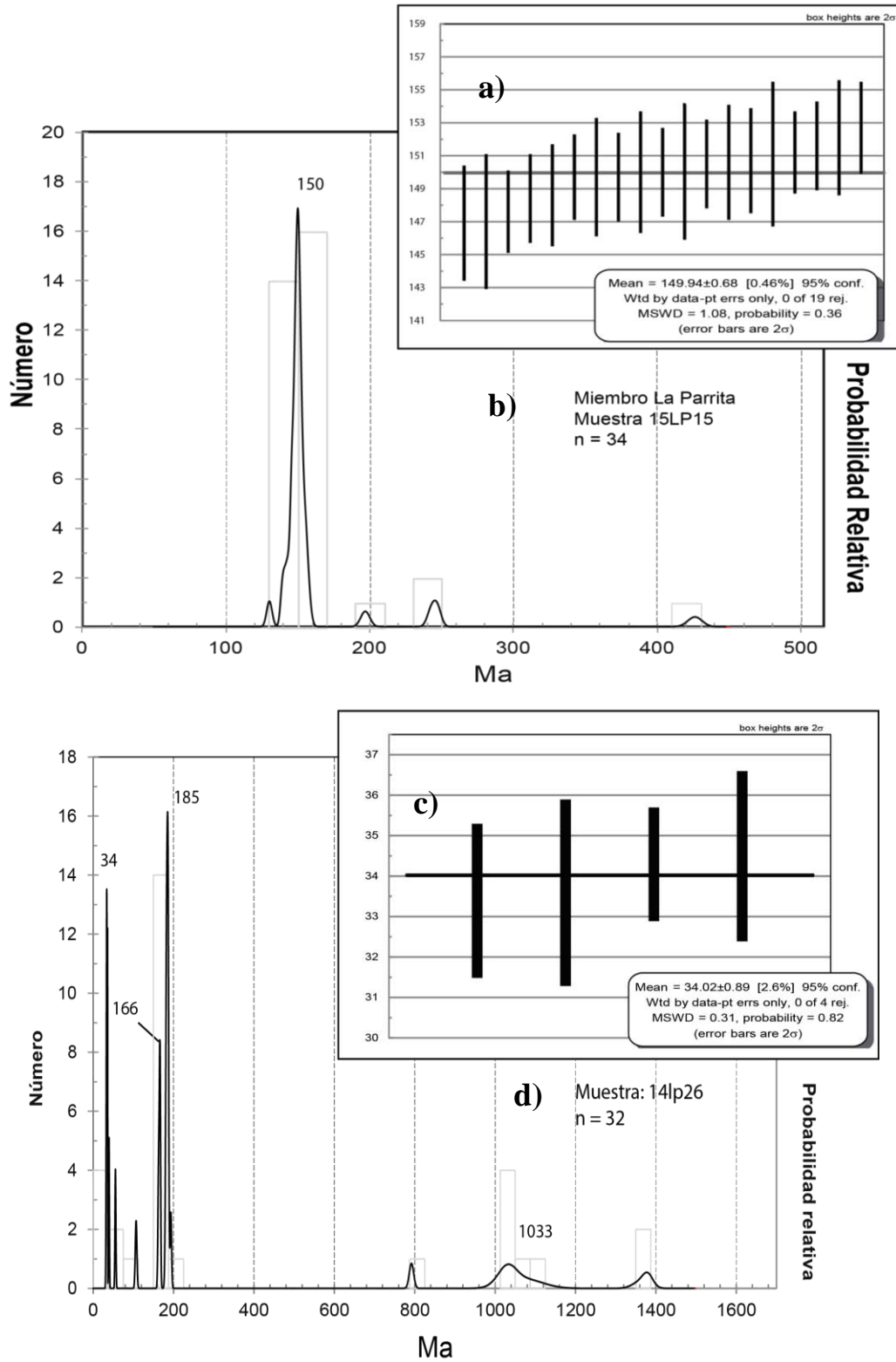


Figura 55.- a, b) Gráfico de media ponderada y diagrama de curva de probabilidad relativa de edades U-Pb en toba del miembro La Parrita (muestra 15LP15); c, d) Gráfico de media ponderada y diagrama de curva de probabilidad relativa de edades U-Pb en dique riolítico (muestra 14LP26) que corta al miembro El Pílon.

Dique oligocénico

Los granos de circón de la muestra 14LP26 son principalmente rechonchos y subhedrales, con bordes y puntas redondeadas; sin embargo, algunos granos son muy alargados llegando a medir hasta 500 μm de largo. Las imágenes de catodoluminiscencia muestran cristales generalmente con buena luminiscencia, con zonaciones oscilatorias claras, las cuales varían entre delgadas o con crecimientos complejos por reabsorción en el magma (Corfu *et al.*, 2003). Se interpreta una edad de cristalización del Eoceno Superior de 34 ± 1 Ma (2σ) (Fig. 55), con un MSWD = 0.31 y $n = 4$; sin embargo, se encontraron edades que varían desde 33 ± 2 Ma hasta 1380 ± 25 Ma.

Geocronología de circones detríticos

Formación Verde

Se obtuvieron dos muestras detríticas en la Formación Verde (14LP02, 14LP03) (Tabla 7) las cuales contienen circones en general oscuros debido a la pérdida de plomo, rechonchos y subredondeados con vértices poco marcados, con tamaños que varían entre 50 a 150 μm . En algunos de los cristales se pueden observar núcleos heredados rodeados por zoneamiento luminoso u oscuro que indica mayor concentración de uranio en el núcleo o borde respectivamente (Corfu *et al.*, 2003). Algunos cristales o núcleos presentan crecimiento de un zoneamiento complejo, probablemente por reabsorción en el magma o metamorfismo (Corfu *et al.*, 2003).

Los análisis U-Pb muestran diagramas de curva de probabilidad con edades que varían desde el Jurásico Inferior al Neoarqueano (Fig. 56). El grano más joven de la muestra 14LP02 que indica la edad máxima de depósito es de 181 ± 4 Ma (2σ) con 2% de discordancia inversa. Una edad promedio es de 183 ± 24 (con un MSWD = 1.9, $n = 2$ granos) del Jurásico Inferior. El grano más joven de la muestra 14LP03, el cual sugiere la edad máxima de depósito es de 174 ± 8 Ma (2σ) con 12% de discordancia. La edad promedio que se obtuvo es del Jurásico Inferior con 182 ± 10 Ma (MSWD = 4.3, $n = 3$ granos). Con base en la distribución de los circones fechados se obtuvo en el grupo H del 1 a 6% del total de los granos, con edades que van del 208 ± 5 Ma a 238 ± 3 Ma. Para el grupo G hay 8 y 12 % de la población de circones y con edades que van de 246 ± 4 Ma a 286 ± 3 Ma; mientras que en este grupo se marca el pico más joven en el programa Age Pick con edades de 254 y 260 Ma. El grupo F varía de un 10 a 14% con edades entre 316 ± 5 Ma y 431 ± 6 Ma. El grupo E presenta 18 a 27% del total de los granos que se encuentra entre 452 ± 5 Ma y 695 ± 7 Ma. El grupo D contiene de 20 a 29% y varían entre 965 ± 7 Ma a 1301 ± 35 Ma. El grupo C tiene 2% de la población con edades que están entre 1307 ± 59 Ma y 1453 ± 29 Ma. El grupo B tienen de 7 a 8% de la población y varían entre 1611 ± 34 Ma y 1829 ± 42 Ma. Por último, el grupo A contiene 3 y 5% de la población total con edades superiores a los 2 Ga.

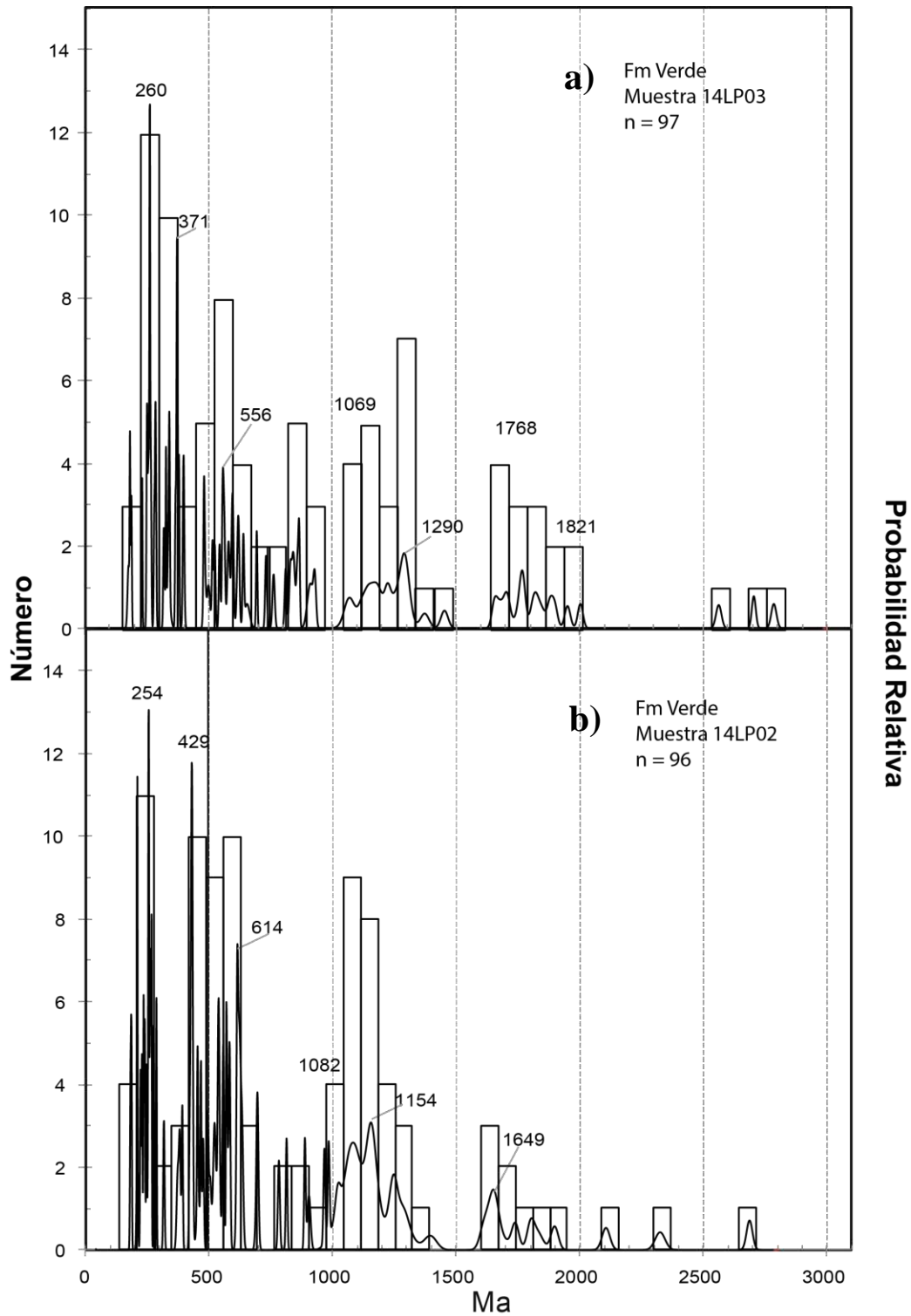


Figura 56.- Diagramas de curva de probabilidad relativa de la Formación Verde. a) Muestra 14LP03; b) muestra 14LP02.

Formación La Casita

Miembro El Pílon

En este miembro basal de la Formación La Casita se recolectaron tres muestras de arenisca y dos muestras de clastos de riolita contenidos en los estratos de conglomerado polimíctico (Tabla 7). La muestra 15PM03 de la sección de cerro de Enmedio contiene, granos rechonchos y subredondeados, con bordes y puntas redondeadas; el tamaño de los cristales varía de 60 a 160 μm . En las imágenes de catodoluminiscencia se puede observar que la mayoría de los granos tienen buena luminiscencia, con algunas pocas excepciones. La mayoría de los granos presentan zonaciones oscilatorias complejas probablemente por metamorfismo o reabsorción magmática (Corfu *et al.*, 2003), siendo pocos los cristales con una zonación oscilatoria clara. También se pueden observar núcleos heredados rodeados por zoneamiento oscilatorio. Las muestras detríticas de la sección Los Panales (14LP07 y 14LP08) contienen principalmente granos de circón subredondeados y rechonchos, con bordes y puntas redondeadas, con tamaños que varían entre 50 – 120 μm . En la catodoluminiscencia se observan granos con buena luminiscencia, con algunos muy oscuros por ser ricos en U (Corfu *et al.*, 2003); se pueden observar circones con estructuras internas complejas y con una zonación poco clara producidas probablemente por metamorfismo o por reabsorción magmática (Corfu *et al.*, 2003). También algunos granos contienen núcleos heredados redondeados. Los clastos ígneos recolectados de los horizontes del conglomerado, mostraron granos de circón subhedrales a euhedrales prismáticos de 50 a 200 μm , con granos principalmente rechonchos con bordes y puntas redondeadas. Las imágenes de catodoluminiscencia muestran que la mayoría de los granos son poco luminiscentes, ocasionado probablemente por el alto contenido de uranio (Corfu *et al.*, 2003). Se observan algunas zonaciones oscilatorias claras y luminosas en algunos granos; mientras que otros presentan núcleos heredados y zonaciones oscilatorias complejas. Los granos de circón que proveen la edad promedio de la muestra son granos con buena luminiscencia con zonación oscilatoria clara, a pesar de que varios de estos granos son únicamente fragmentos.

El grano más joven del miembro El Pílon es de 157 ± 3 Ma (2σ) con una discordancia inversa de uno (14lp07); sin embargo, los circones más jóvenes de las muestras generalmente se encuentran separados de la población. Los picos más jóvenes generados por el programa Age Pick son de 237 Ma (15PM03, $n = 3$), 212 Ma (14LP07, $n = 3$) y 221 Ma (14LP08, $n = 5$) (Fig. 57). El grupo J es pequeño y oscila en el 2% de la población total de los granos con edades entre 157 ± 3 Ma a 167 ± 4 Ma. El grupo I también contiene el 2% de los granos de circón cuyas edades varían entre 173 ± 3 Ma a 198 ± 7 Ma. Para el grupo H se obtuvo de 4 a 9% de los granos de las muestras con edades que varían entre 212 ± 4 Ma a 240 ± 7 Ma. En el grupo G se tiene edades entre 246 ± 3 Ma y 297 ± 5 Ma con 7 y 9% del total de los granos en las muestras 15PM03 y 14LP07 respectivamente, mientras que en la muestra 14LP08 sube a 21%. En la población F se

observa una mayor cantidad de granos en las muestras 15PM03 y 14LP07 con 20% y 16% respectivamente, mientras que en la muestra 14LP08 disminuye considerablemente hasta 7%; las edades que se observan en este grupo varían entre 302 ± 5 Ma a 443 ± 9 Ma. Para el grupo E se tiene entre 10 y 14% de la población total de circones con edades que van del 460 ± 16 Ma al 677 ± 13 Ma. El grupo D es el más abundante en las tres muestras con 26 a 34% de la población de circones, con edades del 969 ± 20 Ma al 1288 ± 32 Ma. En el grupo C se obtuvo del 5 al 9% de los granos con edades entre 1302 ± 40 Ma y 1570 ± 87 Ma. El grupo B varía del 4 al 6% de la población de circones y sus edades se encuentran entre 1565 ± 96 Ma y 1816 ± 27 Ma; este grupo está ausente en la muestra 15PM03. Por último, el grupo A contiene únicamente del 3 al 4% de la población con edades mayores a los 2 Ga. Algunos circones presentaron pérdida de plomo mostrando una amplia discordancia (Faure y Mensing, 2005), por lo que fueron descartados.

Las muestras compuestas por clastos de riolita fueron recolectadas estratigráficamente unos metros encima de las muestras 15PM03, 14LP07 y 14LP08. En la muestra 14LP25 se obtuvo una edad de cristalización de 185 ± 1 Ma (2σ) con MSWE = 1.02 y $n = 18$ (Fig. 58), con un alcance de edades que va desde 166 ± 4 Ma hasta 2496 ± 15 Ma. Mientras que de la muestra 14LP27 se obtuvo una edad de cristalización de 187 ± 1 Ma (2σ) con un MSWD = 1.3 y $n = 25$ (Fig. 58); con un alcance en edad que va de 180 ± 5 Ma a 1140 ± 45 Ma.

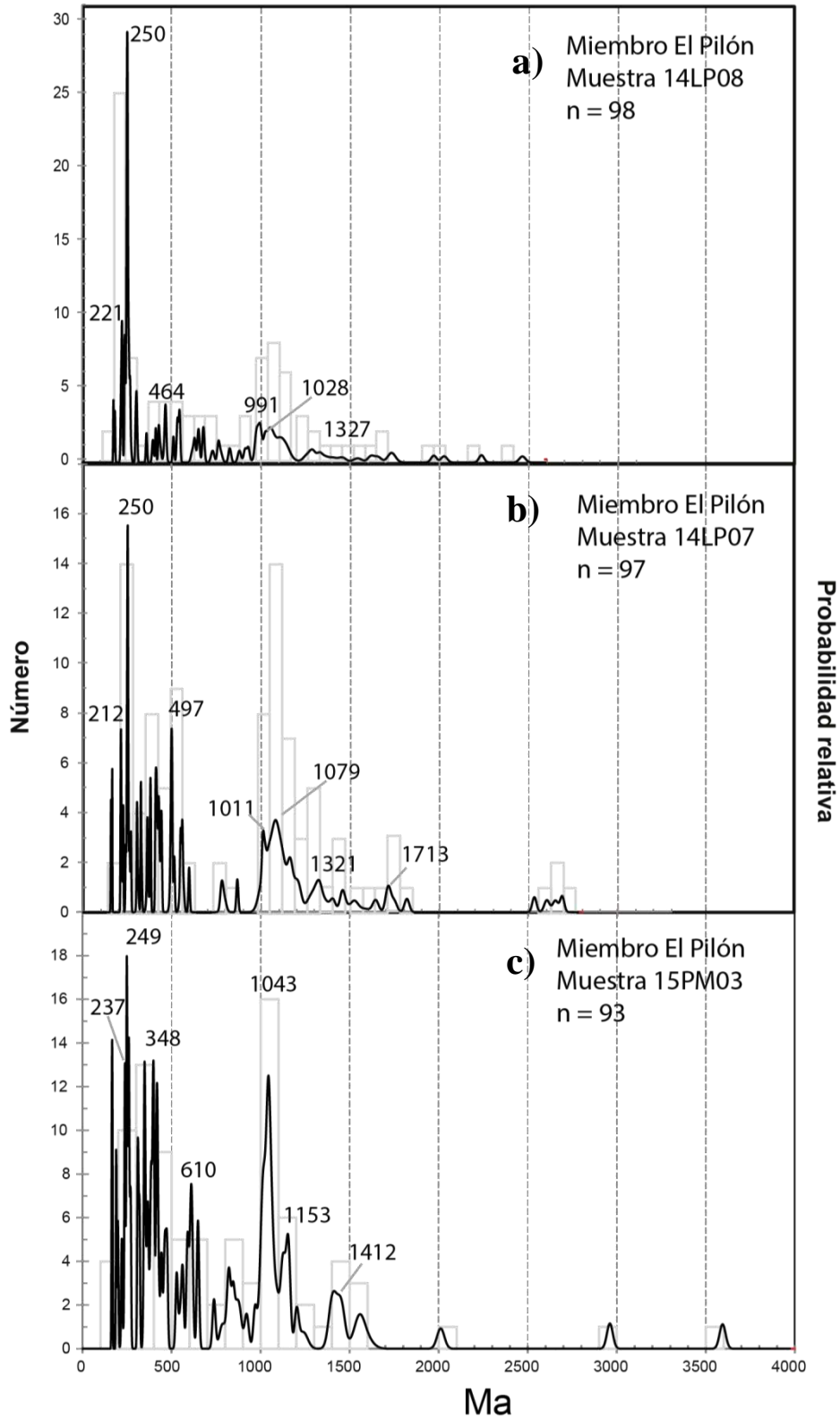


Figura 57.- Diagramas de curva de probabilidad relativa de areniscas del miembro El Pílon. a, b) En el área de Los Panales (muestra 14LP08, 14LP07); c) en el área de cerro de Enmedio (muestra 15PM03).

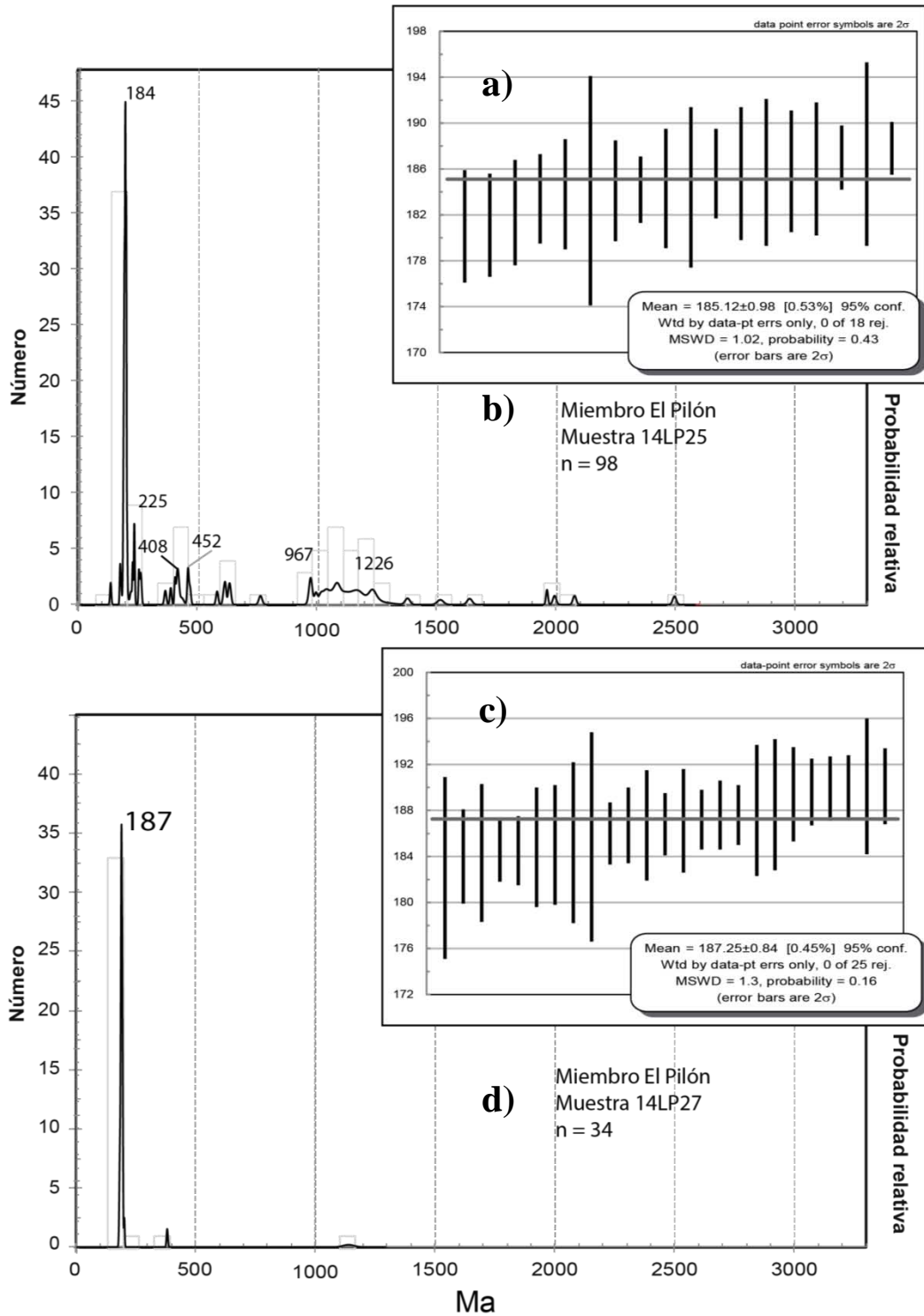


Figura 58.- a, c) Gráficos de media ponderada de circones derivados de clastos de riolita en horizonte de conglomerado del miembro El Pílon; b, d) diagramas de curva de probabilidad de las mismas muestras.

Miembro La Parrita

Se obtuvieron cuatro muestras detríticas (14LP12, 14LP17, 14LP18 y 14LP20) del miembro La Parrita (Tabla 7). Los granos y fragmentos de granos de circón encontrados en las muestras detríticas son principalmente subredondeados y rechonchos, con bordes y puntas redondeadas, lo cual indica transporte; algunos cristales aun muestran su forma prismática y alargada. Los tamaños de los granos varían desde 50 a 180 μm . Las imágenes de catodoluminiscencia muestran principalmente granos de circón con buena luminiscencia; con zonaciones oscilatorias complejas producidas probablemente por metamorfismo o por reabsorción en un magma (Corfu *et al.*, 2003). Algunos granos muestran núcleos heredados, rodeados por zonaciones delgadas.

Las edades varían entre el Berriasiano al Mesoarqueano (Fig. 59). El grano más joven que se identificó en este miembro es de 143 ± 4 Ma (2σ) con una discordancia de 4% (muestra 14LP12); sin embargo, es un único circón y aislado. Los picos más jóvenes registrados en las muestras del miembro La Parrita por el programa Age Pick son de 184 Ma (14LP12, $n = 3$), 179 Ma (14LP17, $n = 7$), 213 Ma (14LP18, $n = 19$) y 218 Ma (14LP20, $n = 25$). El grupo J contiene únicamente 1 y 2% en las muestras 14LP12 y 14LP20 con edades que van de 143 ± 4 Ma a 165 ± 3 Ma. El grupo I varía entre 1 y 7% del total de los granos; sus edades están entre 170 ± 4 Ma a 198 ± 5 Ma. En el grupo H se obtuvo que la muestra 14LP12 es la que menos circones tiene con esta edad con 7%, mientras que las muestras restantes varían entre 29 a 37%; las edades en este grupo oscilan entre 201 ± 7 Ma a 238 ± 5 Ma. Para el grupo G se tiene entre 1 a 3% de circones, excepto en la muestra 14LP12 en la que se obtuvo 14% de la población total; las edades de este grupo están entre 241 ± 5 Ma a 283 ± 7 Ma. El grupo F varía entre 4 y 15% de los granos, con edades entre 304 ± 8 Ma y 450 ± 8 Ma. Del grupo E se tiene entre 9 y 16% de la población de granos, con edades que están entre 451 ± 13 Ma y 691 ± 13 Ma. El grupo D con 23 a 31% cuyas edades varían entre 965 ± 44 Ma y 1289 ± 47 Ma. El grupo C tiene entre 3 y 7% de granos con edades de 1331 ± 39 Ma y 1527 ± 14 Ma. Entre 2 y 6% de la población de circones se encuentra en el grupo B, cuyas edades están entre 1549 ± 51 Ma y 1888 ± 28 Ma. Finalmente el grupo A con edades mayores a 2 Ga contiene del 1 al 4% de los circones analizados.

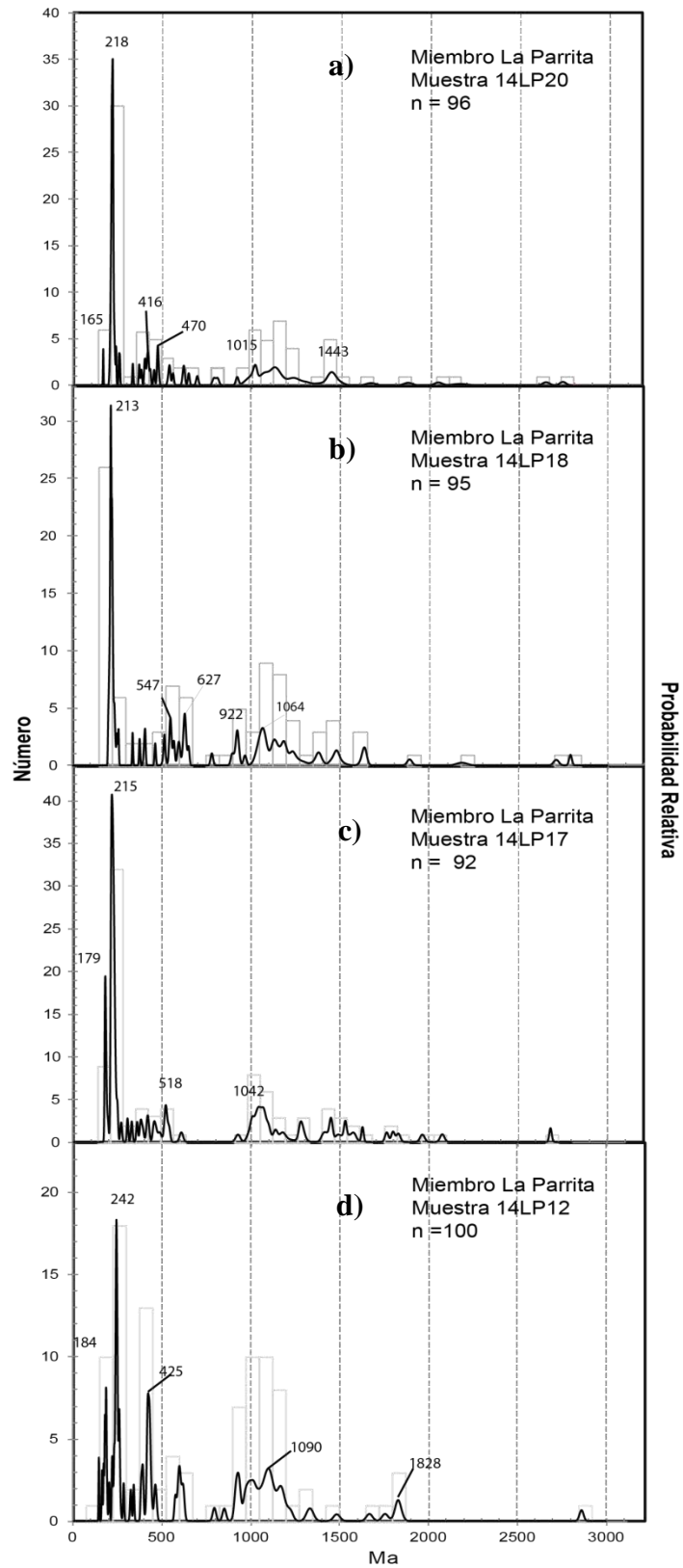


Figura 59.- a, b, c, d) Curvas de distribución de edades e histogramas de circones detríticos del miembro La Parrita, en orden estratigráfico siendo “d” el inferior.

Miembro El Táscate

En este miembro se recolectaron 3 muestras detríticas (14LP22, 14LP23, 14LP24; Tabla 7). Los granos y fragmentos de granos de circón estudiados son rechonchos y subredondeados, con bordes y puntas redondeadas; algunos granos aun muestran su estructura prismática con puntas ligeramente redondeadas. El tamaño de los circones varía de 50 a 200 μm . En las imágenes de catodoluminiscencia se pueden apreciar granos con buena luminiscencia con estructuras internas muy variadas de los circones, en la que se pueden encontrar zonaciones claras a complejas ocasionadas por reabsorción magmática o metamorfismo (Corfu *et al.*, 2003); las zonaciones oscilatorias varían desde delgadas a anchas. Se pueden encontrar núcleos heredados rodeados por zonaciones oscilatorias claras y delgadas.

Los diagramas de curva de probabilidad relativa varían desde el Kimmeridgiano al Mesoarqueano (Fig. 60). El grano más joven es de 154 ± 3 Ma (2σ) con una discordancia de 2%; sin embargo es un único circón alejado de la población en la muestra 14LP23. Los picos más jóvenes reconocidos por el programa Age Pick son de 214 Ma (14LP22, $n = 9$), $212 \text{ Ma} \pm 1 \text{ Ma}$ (14LP23, con un MSWD = 0.98 y $n = 11$) Y 184 Ma (14LP24, $n = 3$). En el grupo J es el menos poblado con 1% de los granos con edades de 154 ± 3 Ma y 155 ± 4 Ma. El grupo I varía entre 3 y 9% de la población con edades que van de 175 ± 5 Ma a 199 ± 5 Ma. El grupo H con edades que van del 204 ± 4 Ma al 238 ± 4 Ma tiene de 16 a 27% de las muestras. Para el grupo G tiene del 2 al 5% de la población de granos con edades que van del 246 ± 5 Ma al 287 ± 5 Ma. En el grupo F se encontró del 11 al 13%, con edades que están entre 304 ± 4 Ma a 448 ± 9 Ma. Del grupo E se obtuvo del 8 al 12 %, que van de 452 ± 6 Ma a 694 ± 13 Ma. Un 27 a 32% de los granos del grupo D tienen una edad de 959 ± 13 Ma a 1265 ± 53 Ma. En el grupo C se obtuvo entre un 3 a 9% del total de granos, con edades que varían entre 1301 ± 42 Ma y 1535 ± 52 Ma. Para el grupo B se encontró que las edades tienen de 1592 ± 52 Ma a 1847 ± 54 , y corresponden de 3 a 9% de los granos. El grupo A oscila entre el 1 y 4% del total de los granos, con edades que rebasan los 2 Ga.

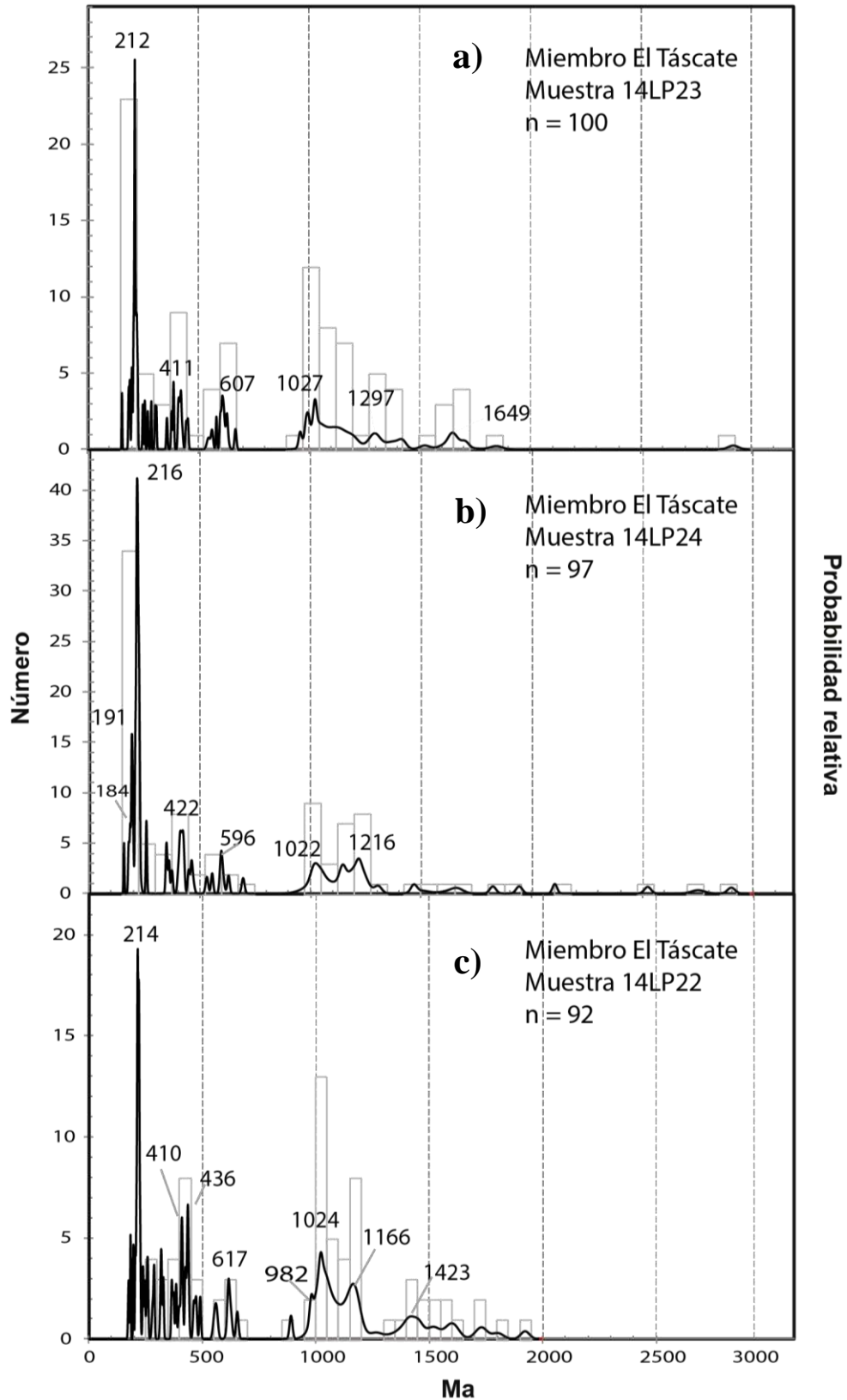


Figura 60.- a, b, c) Diagramas de curva de probabilidad relativa de las edades de circones detríticos del miembro El Táscate en el área de Los Panales; organizadas en orden estratigráfico siendo “c” el inferior.

9. DISCUSIÓN

Las relaciones estratigráficas descritas en este trabajo mejoran los conceptos estratigráficos e historia magmática de las áreas entre Sierra de Plomosas y Los Panales en Chihuahua. Los estratos del Jurásico Superior de la Formación La Casita sobreyacen estratos desde el Paleozoico (Formación El Paso) al Jurásico Medio (Formación Verde). La procedencia de los sedimentos es consistente con las fuentes locales que están debajo de la discordancia regional que sobreyace la Formación La Casita. Los tres miembros de la Formación La Casita, definidos aquí y estudiados en las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio, fueron generados por extensión cortical y la formación de una cuenca de rift en el Jurásico Tardío en el estado de Chihuahua. Este registro sedimentario fue asociado por la separación de Laurentia (Norteamérica) y Gondwana (Suramérica), y la apertura de la cuenca del Golfo de México por rifting.

La Formación Verde es un intervalo estratigráfico compuesto por areniscas, limolitas y depósitos vulcanogénicos con brechas cataclásticas, con una edad del Jurásico Medio y no del Pérmico como anteriormente se pensaba. Las curvas de distribución de edad e histogramas (Fig. 56) son muy similares a los de la Formación Plomosas del Triásico Superior al Jurásico Medio (Ruiz-Urueña, comunicación personal) con la que está en contacto aparentemente concordante. Esta formación contiene depósitos vulcanogénicos máficos, por lo que probablemente el contenido de circones propios es mínimo y estos no fueron identificados durante los estudios de U-Pb en circones detríticos. Además, al comparar las edades obtenidas en las metareniscas de la Formación Verde en este trabajo y las muestras de la Formación Plomosas de Ruiz-Urueña (comunicación personal), se observa que la Formación Verde ha reciclado granos de circón de las mismas fuentes que alimentaron a la Formación Plomosas, por lo que se han obtenido grupos de edades muy similares. Por lo tanto, las relaciones estratigráficas con la Formación Plomosas y el contenido de circones pueden indicar que la Formación Verde es parte de la Formación Plomosas. Sin embargo, otra posibilidad como lo marca Barboza-Gudiño *et al.* (2016) es que en realidad la Formación Verde corresponde a una alteración que afectó a diferentes unidades estratigráficas en las que se marcó la coloración verde. Para comprobar cualquier posibilidad es necesario realizar estudios a detalle de estas formaciones en investigaciones próximas.

El intrusivo Los Panales es un stock hipabisal microdiorítico, con reemplazamiento irregular de calcita y alteración por clorita que corta a la Formación Verde, dejando como evidencia xenolitos de esta formación en la orilla de su contacto; sin embargo, no existen indicios de que este intrusivo corte al miembro El Pilón. La edad del intrusivo no es concluyente, ya que solamente hay un circón que podría dar la edad de cristalización; sin embargo, ese circón es discordante (Fig. 54.C) probablemente por pérdida de plomo (Faure y Mensing, 2005). El intrusivo contiene una gran variedad de edades de circones que varían desde 156 ± 4 Ma hasta

2771 ± 18 Ma, los cuales probablemente fueron adquiridos de las paredes de la cámara magmática o durante el emplazamiento del material ígneo. La edad del circón más joven es un elemento importante que debe ser considerado para futuros estudios, ya que podría limitar la edad del miembro El Pílon al Jurásico Superior; por el momento, la edad de este intrusivo puede ubicarse por debajo de ~157 Ma, edad estimada del miembro El Pílon y por encima del Jurásico Medio (~169 Ma), edad estimada como la cima de la Formación Plomosas (Ruiz-Urueña, comunicación personal).

El miembro El Pílon está compuesto principalmente por conglomerados polimícticos y areniscas, y en menor cantidad por lutita y limolita. En el área de Los Panales únicamente hay litoarenitas poco maduras y moderadamente clasificadas, con gran cantidad de líticos sedimentarios carbonatados; mientras que en cerro de Enmedio las areniscas son más variadas desde arcosa, subarcosa, sublitoarenita y cuarzoarenita, las cuales son submaduras y moderadamente clasificadas. La edad de la base del miembro El Pílon es de 157 ± 3 Ma y se estima que su depositación fue durante una rápida subsidencia, con un intervalo ~1 a 2 m.a. Se identificaron ambientes de planicie deltaica, *foreshore* y *shoreface* para este miembro; el *foreshore* y *shoreface* que se reconocieron están estrechamente relacionados con depósitos de un frente deltaico. También se reconoció engrosamiento lateral y estratos de crecimiento del conglomerado del miembro El Pílon al este del cerro de Enmedio (Fig. 32, sección cerro de Enmedio 2; Fig. A1.2, en anexos). Según Nichols (2009) el miembro El Pílon podría ser clasificado también como un delta constituido por grava y arena dominado por oleaje; en ocasiones, estos deltas son creados por el aporte de sedimentos de abanicos aluviales. En los conglomerados no se observa imbricación de clastos, por lo cual no se puede decir que existe una influencia importante de ríos, aunque si hay algunos canales que fueron identificados, estos sedimentos fueron extensamente retrabajados por la acción del oleaje, de acuerdo a la presencia de estratificación tipo *hummocky*. Un buen ejemplo de una parasecuencia de un abanico deltaico dominado por oleaje se encuentra entre los metros 30 a 38 de la sección medida de Los Panales con ~7 m de espesor (Fig. 33), en el que se puede observar una progradación estrato-creciente, con estratificación *hummocky* que se puede encontrar en la zona de transición *off-shore* o en un frente deltaico dominado por tormentas (Buatois *et al.*, 2011; Nichols, 2009). Esta parasecuencia culmina con un depósito de limolita (Fig. 34) correspondiente a un paleosuelo de la superficie deltaica.

El conglomerado Glance de la cuenca Bisbee es correlacionable con el miembro El Pílon (Figs. 2, 3), ya que ambos conglomerados corresponden a sucesiones clásticas originadas por fallamiento normal de una extensión tectónica durante un *rift* continental del Jurásico que se extendió desde el Golfo de México, a la fosa de Chihuahua, y al sur de Arizona, y que produjo abanicos aluviales y abanicos deltaicos afectados por oleaje dentro de grabens o medios grabens (Bilodeau *et al.*, 1982, 1987; González-León, 1994; Lawton y Olmstead, 1995; Lawton y

McMillan, 1999; Dickinson y Lawton, 2001a, 2001b; Lawton, 2004; Lawton, 2014; Mauel *et al.*, 2008, 2011; Gilbert, 2012).

El miembro La Parrita contiene depósitos de lutita, arenisca, limolita, toba silíceas y caliza. Las areniscas están compuestas por litoarenitas feldespáticas y subarcosas, con moderada madurez y moderada clasificación; las cuales fueron depositadas en ambientes que varían desde *foreshore* a *off-shore*, que se presentan como desplazamientos progradantes menores interrumpidos por inundaciones que indican el avance de una transgresión marina. A dicha transgresión la acompañan ammonites como *Idoceras densistriatum* (Imlay), *Idoceras* *cfr. mexicanum* (Burckhardt), *Idoceras zacatecanum* (Burckhardt), *cfr. Nebrodites* sp., *Idoceras santarosamum* (Burckhardt) e *Idoceras* sp. gr. *duranguense* (Burckhardt), los cuales pertenecen al Kimmeridgiano inferior según Villaseñor *et al.* (2000, 2012). También se encontró *Pseudoinvoluticeras* aff. *douvillei* (Spath) correspondiente a la parte alta del Tithoniano Inferior. La edad geocronológica de la toba cercana a la base del miembro es de 150 ± 1 Ma (Tithoniano Inferior; Fig. 55.A-B), siendo más joven que la edad paleontológica obtenida de 155 Ma (Kimmeridgiano Inferior) del ammonite *Idoceras santarosamum* impreso en la cima del horizonte de toba (Fig. 21). Por otra parte, *Idoceras* sp. no ha sido registrado más arriba del Kimmeridgiano Inferior (Villaseñor *et al.*, 2000, 2012; Gradstein *et al.*, 2012); por lo que, aunque tenemos muy buenas edades obtenidas por LA-ICP-MS, el método ID-TIMS (Espectrometría de Masas de Ionización Térmica con Dilución Isotópica) es el que será necesario usar en estudios posteriores como referencia en la determinación de las relaciones isotópicas U-Pb para mayor precisión en estas tobas (Gradstein *et al.*, 2012) y probablemente lograr reducir la diferencia en las edades paleontológicas y geocronológicas. Así que en este trabajo se estima que la edad de la base del miembro La Parrita es del Kimmeridgiano Inferior (~155 Ma) y la cima del miembro se ubica en el Tithoniano Inferior.

El miembro El Táscate contiene cuarzoarenitas y subarcosas. Las rocas siliciclásticas de este miembro fueron depositadas principalmente en la plataforma externa; sin embargo, también se pueden encontrar depósitos desde planicie deltaica hasta zona de transición *off-shore*. En estos depósitos marinos se encontraron los ammonites *Pseudoinvoluticeras* aff. *douvillei*, *Dorsoplanitoides bavaricus*, *Dorsoplanitoides* sp., *Danubisphinctes* sp., *Dorsoplanitoides* aff. *bavaricus* (Fig. 27), *Haploceras* sp., *Danubisphinctes* cf. *palatinum*, *Kossmatia* sp., cf. *Paraberriasella*, *Dorsoplanitoides* cf. *bavaricus* (Fig. 30) y *Dorsoplanitoides* n. sp. (Fig. 31), los cuales tienen un alcance de la parte baja a la parte alta del Tithoniano Inferior (Gradstein *et al.*, 2012), siendo esta la edad que se establece para la base del miembro El Táscate, ya que las edades obtenidas en circones detríticos únicamente muestran las edades recicladas de formaciones anteriormente depositadas.

Es visible el cambio en la composición de las areniscas de cada miembro. Los conglomerados polimícticos y litoarenitas poco maduras y moderadamente clasificadas del miembro El Pilón muestran una evidente cercanía a su roca fuente, con una gran cantidad de líticos sedimentarios carbonatados. Las areniscas son más variadas en cerro de Enmedio, submaduras y moderadamente clasificadas. Esta diferencia en la composición del mismo miembro muestra que la base de la Formación La Casita fue formada por diferentes cuencas de drenaje durante la apertura de la fosa de Chihuahua. Posteriormente y subiendo estratigráficamente las areniscas se vuelven más maduras en el miembro La Parrita, hasta culminar con cuarzoarenitas y subarcosas maduras y con buena clasificación del miembro El Táscate.

Los cambios petrográficos son consistentes con los análisis de U-Pb en circones detríticos y con lo visto en campo. En el miembro El Pilón las muestras 15PM03 (ambiente *foreshore*) y 14LP07 (ambiente *shoreface*) muestran curvas de probabilidad de edad similares a las de la Formación Verde de este informe y también a las edades de la Formación Plomosas (Ruiz-Uruña, comunicación personal), con la diferencia de que en el miembro El Pilón existen escasos granos del Jurásico Superior; esto se debe a que durante la depositación del miembro El Pilón existió poco magmatismo en el área y una mayor cantidad de afloramientos expuestos de las formaciones Verde, Plomosas y otras formaciones paleozoicas en los hombros del *rift*, que fueron erosionadas y facilitando el reciclaje de circones de estas formaciones. Esto puede corroborarse por la existencia de una discordancia angular que pone en contacto a la Formación La Casita sobre las formaciones Verde y Plomosas en el área de Los Panales (Fig. A1.1, en anexos) y por superficies erosionadas en el cerro de Enmedio (Fig. 18). En el miembro La Parrita presenta en general mayor madurez composicional y mejor clasificación de los granos hacia la cima, junto con una disminución y/o aumento aleatorio del aporte de granos con edad grevilliana, apalachiana y del arco magmático cordillerano. Esto ocurre posiblemente como resultado de la erosión y la disminución de las pendientes topográficas de los hombros de la cuenca. Con excepción de la muestra 14LP14 depositada en la zona de transición *off-shore* que contiene un mayor aporte de líticos carbonatados, lo que puede indicar una fuente de aporte diferente al resto de las muestras del miembro La Parrita, probablemente por cambios en la dirección de ríos o por cambios del intemperismo o abrasión de los granos. Por último, el miembro El Táscate es el que muestra mayor madurez composicional y mejor clasificación de los tres miembros, pero presenta casi las mismas curvas de probabilidad al miembro La Parrita, indicando únicamente una topografía más suavizada.

Por último es necesario señalar que existe evidencia de que las “planchas” cercanas a la mina Plomosas mencionadas por Bridges (1962) y cartografiadas por los geólogos de la mina de Plomosas entre 1943 a 1982 (Chaparro y Loera, 2004), no corresponden a la Formación La Casita, sino a la Formación Navarrete. Los geólogos de la mina de Plomosas dividieron informalmente a la Formación La Casita en cinco unidades durante su cartografía como:

conglomerado basal, Lutita Cuesta, Mármol Mina Vieja, Lutita Patio y Mármol Cuevitas; sin embargo, esas “planchas” en Plomosas corresponden a evaporitas con textura *chicken wire* reemplazadas por calcita (Fig. 14) igual que en el área de Los Panales (Figs. 12, 13). Por lo que en este trabajo no se está de acuerdo con la división informal de las cinco unidades para La Casita y se propone tener como referencia al área de Los Panales para la división formal de esta formación e interpretación de la Formación Navarrete, ya que el área del levantamiento Plomosas es un área compleja estructuralmente, mientras que el área Los Panales es sencilla y sin complejidad estructural; así se evitará tener una estratigrafía equivocada.

Interpretación de las fuentes de circones.

Se definieron diez grupos de edades de circones detríticos con base en la revisión de todos los resultados obtenidos de la Formación La Casita (Fig. 61; Fig. A2, en anexos), identificando también el contenido de estos grupos en la Formación Verde. No se tomaron en cuenta aquellos valores con una discordancia mayor a 20% y – 5%, que son considerados poco confiables, probablemente por pérdida de plomo (Faure y Mensing, 2005).

Grupo A (> 2.0 Ga).

De este grupo se pudo obtener desde un 5 hasta 1% del total de los granos en el que se identificó un pico prominente de ~2634 Ma. En la mayor parte de las muestras existen escasos granos con una edad mayor a 2.0 Ga, los cuales pueden corresponder a edades del noroeste de Laurencia (Barboza-Gudiño *et al.*, 2016).

Grupo B (1600 – 1800 Ma).

En este grupo sobresalen los picos de ~1616 y ~1792 Ma, en las formaciones Verde y La Casita con un 12-7% y 8 a 4%, respectivamente del total de los circones analizados. Este grupo con edad del Paleoproterozoico Temprano corresponde a edades del basamento cristalino del suroeste de Laurencia, de las provincias Yavapai y Mazatzal del noroeste de México y suroeste de Estados Unidos, que pudieron ser transportados por paleoríos (Dickinson y Gehrels, 2008; Iriondo y Premo, 2011).

Grupo C (1300 – 1500 Ma).

Se obtuvo en los análisis U-Pb que en la Formación Verde hay de 11 a 7% de la población de circones con esta edad; mientras que en la Formación La Casita varía del 12 al 1 % del total de los granos. El pico que sobresale tiene una edad de ~1426 Ma. Este grupo de edades posiblemente corresponda con circones generados durante el magmatismo mesoproterozoico en el suroeste de Norteamérica, conocido como pulsos magmáticos anorogénicos (Dickinson y Gehrels, 2008; Iriondo y Premo, 2011; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016).

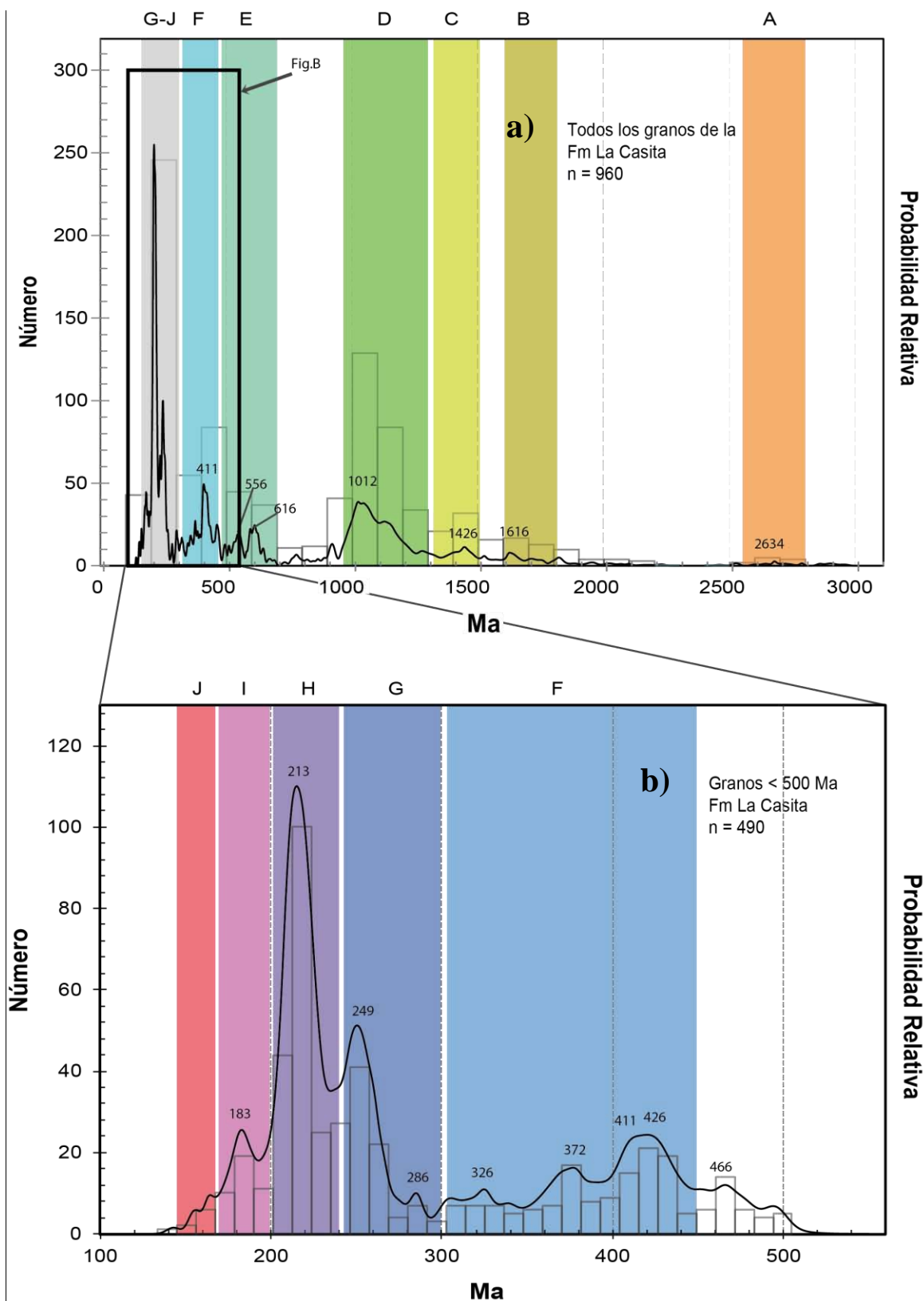


Figura 61.- Gráficas de distribución de probabilidad relativa que muestran los circones detríticos obtenidos en la Formación La Casita de las áreas de Los Panales y cerro de Enmedio. Bandas de color indican grupos de edades. a).- Todos los granos analizados; b).- granos menores a 500 Ma.

Grupo D (950 – 1300 Ma).

La Formación Verde contiene del 20 al 29% de granos de este grupo; mientras que de la Formación La Casita se tiene 23 a 34% del total de los granos. El pico más prominente que se generó en el programa Age Pick es de ~1012 y ~1114 Ma. La edad del Neoproterozoico Tardío al Mesoproterozoico Temprano corresponde a granos del basamento grenvilliano, localizado en Laurencia y/o Oaxaquia (Mosher, 1998; Keppie *et al.*, 2003; Dickinson y Gehrels, 2008); parte de este basamento se puede observar en el norte del cerro Carrizalillo (Iriondo *et al.*, 2004).

Cabe señalar que se obtuvo un alto porcentaje con edades entre 700 Ma a 950 Ma, las cuales son consideradas como de procedencia incierta de la región del sur de Laurencia (Dickinson y Gehrels, 2009).

Grupo E (450 – 700 Ma).

En la Formación Verde se obtuvo un 18 a 27% de la población total; mientras que en la Formación La Casita se encontró del 8 al 16%. Los picos que sobresalen tienen una edad de ~466, ~556 y ~616 Ma. Los circones en este grupo presentan una edad del Ordovícico Superior hasta mediados del Neoproterozoico y pueden correlacionarse al basamento Panafricano (López, 2001; Ortega-Flores *et al.*, 2014).

Grupo F (300 – 450 Ma).

Se obtuvo en la Formación Verde 10 a 14% del total de los granos; mientras que en la Formación La Casita varía de 4 a 20% de la población total. Los picos que sobresalieron en el programa Age Pick son ~326, ~372 y ~426 Ma. Este grupo contiene circones con edades del Pensilvánico Superior al Ordovícico Superior los cuales proceden probablemente de un arco continental desarrollado durante la orogenia Apalachiana (Ocampo-Díaz, 2011); estas edades son documentadas en los Apalaches, en afloramientos de Belice y Guatemala, y en diversas rocas detríticas de Arizona (Gehrels *et al.*, 2011; Ocampo-Díaz, 2011; Barboza-Gudiño *et al.*, 2016); sin embargo, la trayectoria de los granos desde el orógeno Apalachiano al Gran Cañón y posteriormente al área de Chihuahua aún no ha sido registrada.

Grupo G (240 – 300 Ma).

En la Formación Verde se encuentra entre 8 y 12% del total de los granos de circón; mientras que en la Formación La Casita se observa desde 1 a 9% de la población total. Los picos que sobresalieron son de ~249 y ~286 Ma. Se encontraron granos de circón con edad del Triásico Medio al Pérmico, los cuales provienen de intrusivos de composición diorítica a granítica del arco Permo-Triásico que se extiende del noroeste al sureste de México y cuyos granos son abundantes en rocas detríticas (Torres *et al.*, 1999; Dickinson y Lawton, 2001b; Ortega-Flores *et al.*, 2014).

Grupo H (200 – 240 Ma).

El pico que sobresale con el programa Age Pick tiene una edad de ~213 Ma. En la Formación Verde se encontró 1 a 6% de circones detríticos; mientras que en la Formación La Casita se tiene un porcentaje menor del total de los granos (4 a 9%) en el miembro El Pilón y aumenta considerablemente en los miembros superiores desde 16 a 37%. El grupo H contiene circones con edades del Triásico que se derivan del arco magmático cordillerano localizado al oeste de Laurencia, el cual ha sido identificado en plutones en el desierto de Mojave y en clastos volcánicos y circones detríticos en California, Arizona, Nevada, Utah y en Colorado Plateau (Barth y Wooden, 2006; Riggs *et al.*, 2013, 2016). Por otra parte, en el área de Placer de Guadalupe Villarreal *et al.* (2014) dataron dos granitos con 209 ± 3 Ma, clasificados como granitos de arco volcánico y los consideraron como parte del arco magmático Nazas.

Grupo I (168 – 200 Ma).

En la Formación Verde se tiene de 1 a 3% de la población de circones con esta edad; mientras que la Formación La Casita contiene desde 1 a 9% de circones aumentando hacia la cima de la formación. El pico que sobresale tiene una edad de ~183 Ma. Este grupo contiene edades del Jurásico Medio a Inferior que provienen del arco magmático Nazas al oeste de Pangea que se extendió en California, Nevada y Arizona en los Estados Unidos, y en los estados de Sonora y Chihuahua en México (Leggett, 2009; Lawton y Molina-Garza, 2014; Villarreal *et al.*, 2014). Se ha obtenido en el área de Placer de Guadalupe, por el método U-Pb una edad de 171 ± 1 Ma y 172 ± 1 Ma para derrames de riolita en la Formación Plomosas (Iriondo y McDowell, 2011; Villarreal *et al.*, 2014).

Grupo J (145.5-168)

Este grupo se identificó únicamente en la Formación La Casita con 1 a 2% de la población total de los granos de circón, con picos de ~154 y ~163 Ma generados en el programa Age Pick. Se encontraron algunos granos de este grupo en las rocas detríticas y bastantes en rocas ígneas, los cuales corresponden a magmatismo de *rift* originado durante el Jurásico Superior, identificado en la cuenca Altar – Cucurpe en Sonora, que es paralela a la fosa de Chihuahua y se relaciona a la apertura del Golfo de México durante la ruptura de Pangea (Mauel *et al.*, 2008, 2011).

Implicaciones tectónicas y paleogeográficas

El tipo de cuenca en la que fueron depositados los sedimentos siliciclásticos de la Formación La Casita en la fosa de Chihuahua, es una cuenca extensiva de tipo *rift*, la cual es parte del sistema *Border rift* que abarca la frontera entre EEUU y México (Dickinson y Lawton, 2001a). Las primeras etapas de este *rift* ocurrieron durante la desintegración de Pangea en el Jurásico

Inferior y Medio (Martini y Ortega-Gutiérrez, 2016), marcado por vulcanismo bimodal de arco (Dickinson y Lawton, 2001a); en cuya cuenca fueron depositados los sedimentos de la Formación Plomosas (Ruiz-Urueña, comunicación personal). En una segunda etapa del *rift* del Jurásico Superior al Cretácico Inferior ocurrió la apertura del Golfo de México, lo que produjo fallamiento y a su vez levantamiento y caída de bloques al suroeste de Estados Unidos y noreste de México (Bilodeau, 1982; Lawton y McMillan, 1999; Eguiluz, 2001; Chaparro y Loera, 2004; Mauel *et al.*, 2008, 2011; Ocampo-Díaz, 2011; Lawton y Molina, 2014; Busby, 2012; Martini y Ortega-Gutiérrez, 2016). Las nuevas cuencas generadas fueron rellenándose con sedimentos clásticos proximales a montañas, que las rodearon con abanicos aluviales sintectónicos o abanicos deltaicos identificados como conglomerado Glance (Bilodeau *et al.*, 1982, 1987; González-León, 1994; Lawton y Olmstead, 1995; Lawton y McMillan, 1999; Dickinson y Lawton, 2001a, 2001b; Lawton, 2004; Lawton, 2014; Mauel *et al.*, 2008, 2011; Gilbert, 2012), Formación La Casita (Fortunato y Ward, 1982; Ocampo-Díaz, 2011) o miembro El Pilón de la Formación La Casita en Chihuahua en el presente trabajo.

Es clara la presencia de una cuenca extensiva muy activa por rifting para el Jurásico Tardío, con evidencia de fallamiento normal en depósitos volcánicos riolíticos de la Formación Plomosas en cerro de Enmedio; también por la existencia de estratos de crecimiento en el miembro El Pilón al este de cerro de Enmedio y por engrosamiento del miembro El Pilón al sur del cerro de Enmedio y sureste del intrusivo Los Panales (Figs. A1.1, A1.2, en anexos) que indican una subsidencia rápida y una topografía abrupta cercana a la cuenca. A pesar de lo observado en campo, los diagramas de procedencia de Dickinson (1985; Fig. 43.D) muestran la débil presencia de un arco transicional únicamente en el miembro El Pilón, probablemente por la presencia de los granitos del Triásico Superior y del flujo riolítico de la Formación Plomosas expuestos en los hombros del *rift* junto a la amplia presencia de formaciones siliciclásticas y carbonatadas, lo cual está de acuerdo con Mack (1984). Esto es contrario a lo que obtuvieron Mauel *et al.* (2008, 2011), Ocampo-Díaz (2011) y Gilbert (2012) en sus estudios petrográficos de las formaciones Cucurpe, La Casita y Glance en el norte de México y suroeste de EEUU, respectivamente; donde identificaron un ambiente de *rift* no disectado volcánico y *rift* disectado. Además, cabe señalar que los sedimentos depositados en centro-norte y noreste de México fueron aportados principalmente por el bloque de Coahuila (Lawton y Molina, 2014; Ocampo-Díaz, 2011); sin embargo, las principales fuentes de sedimento en el área de Los Panales y cerro de Enmedio fueron los hombros del *rift*, ahora expuestos en los bloques del levantamiento Plomosas. De igual manera, los estudios de circones presentan una carencia de granos con edades contemporáneas a la edad de los fósiles encontrados del Kimmeridgiano y Tithoniano, en comparación con la Formación Cucurpe (Mauel, 2008) probablemente debido a lo apartado que estuvo el arco de la fosa de Chihuahua.

El *rift* en el Jurásico Tardío puede ser comparado con el actual *rift* de Corinto en Grecia (Fig. 62). El *rift* de Corinto es una estructura de graben estrecho que ha sido sometido a extensión durante el Cuaternario Tardío con un rumbo oeste-noroeste y este-sureste, limitado en sus márgenes por fallas activas y con una tasa de subsidencia rápida (Hasiotis *et al.*, 2006; Lykousis *et al.*, 2007). Las secuencias progradantes que han encontrado muestran hacia la base depósitos fluvio-lacustres que evolucionan a depósitos deltaicos tipo Gilbert (Rohais *et al.*, 2007) que en el margen norte sugieren un hundimiento continuo y gradual, con un espesor máximo de sedimentos de 2.2 Km manifestados en perfiles sísmicos que pudieron formarse durante un millón de años (Lykousis *et al.*, 2007). Los deltas actuales en el Golfo de Corinto han sido formados a partir de abanicos aluviales costeros que contienen gran cantidad de sedimento de grano grueso y son dominados por procesos fluviales (Karymbalis *et al.*, 2010).

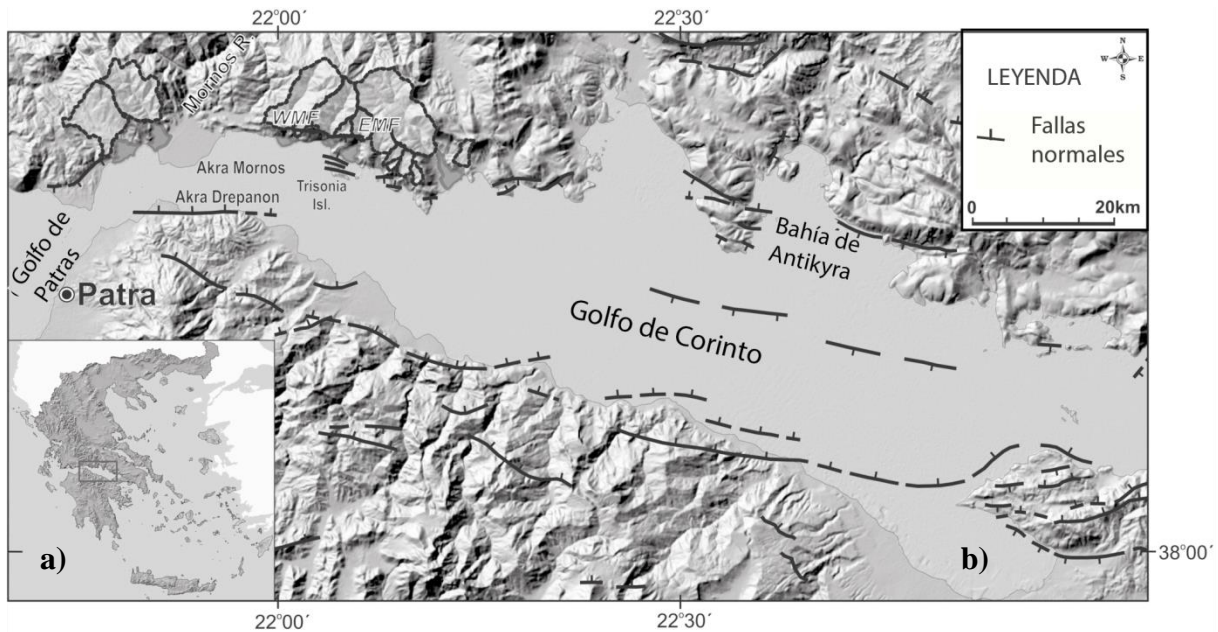


Figura 62.- a) Marco regional de la ubicación del Golfo de Corinto; b) mapa estructural del Golfo de Corinto; tomado de Karymbalis *et al.* (2010).

Los depósitos de grano grueso en deltas son alimentados por ríos trenzados o abanicos aluviales, que se atribuyen además al movimiento de fallas y actividad sísmica (Nichols, 2009); como es el caso del *rift* del Golfo de Corinto (Gawthorpe y Leeder, 2000; Hasiotis, 2006; Lykousis *et al.*, 2007) y también del abanico deltaico dominado por oleaje del miembro El Pílon en el *Border rift* en Chihuahua (Fig. 63).

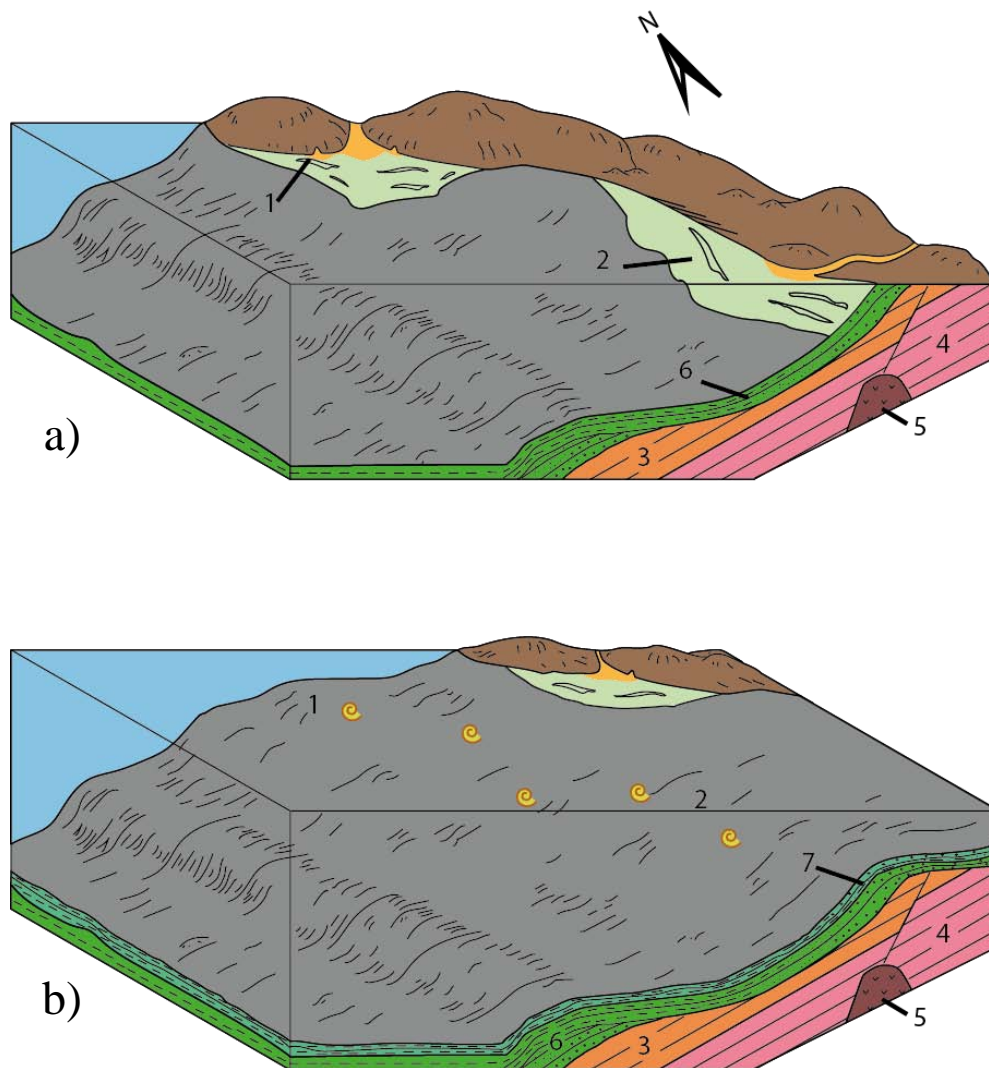


Figura 63.- Bloques paleogeográficos esquemáticos. a) Miembro El Pilón formado por al menos dos abanicos deltaicos; b) miembro La Parrita que muestra aumento del nivel del mar. En las figuras se muestra: (1) área cerro de Enmedio, (2) área Los Panales, (3) Formación Verde, (4) Formación Plomosas, (5) Intrusivo Los Panales, (6) depósitos miembro El Pilón y (7) depósitos miembro La Parrita.

En las primeras etapas de un *rift* se generan numerosos depocentros aislados y parcialmente enlazados que producen golfos o lagos marinos poco profundos y alargados (Gawthorpe y Leeder; 2000), como son las cuencas de McCoy, Bisbee, la fosa de Chihuahua (Lawton y McMillan, 1999), fosa de Monterrey y cuenca de Sabinas (Ocampo-Díaz, 2011); lo cual hace pensar en la posibilidad de la existencia de dos o más abanicos deltaicos dominados por oleaje que originaron al miembro El Pilón durante las primeras etapas de evolución de la fosa de Chihuahua (Fig. 63). El área de cerro de Enmedio contiene un tamaño de grano mucho mayor en su cima que la del área de Los Panales; este tamaño varía desde grava a bloque y su petrografía muestra areniscas con mayor madurez composicional que la realizada en Los Panales. Esto podría ser contradictorio si se pensara en un solo abanico deltaico que se forma desde el área cerro de Enmedio hacia el sur (Los Panales), en donde a mayor tamaño en los

clastos, debería mostrar menor madurez y una pobre clasificación en las areniscas. Sin embargo, al considerar dos abanicos deltaicos se afirma la existencia de dos cuencas de drenaje diferentes; por lo que la madurez composicional de las areniscas puede variar con base en la composición de la roca fuente en la cuenca de drenaje y no únicamente por lo retrabajado de los sedimentos hacia la cuenca de depósito.

La transgresión marina que originó la Formación La Casita inició durante el Jurásico Superior en México (Cantú-Chapa, 1976, 1998) y fue respuesta a la partición de Pangea. El avance del mar en los estados de Arizona, Nuevo México, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila y Nuevo León (Fig. 2) propició la depositación de formaciones Crystal Cave, Broken Jug, Cucurpe y La Caja que contienen facies equivalentes con las de la Formación La Casita. Parte del miembro La Parrita es posiblemente correlacionable con el miembro volcánico East Turkey Creek de la Formación Crystal Cave de Arizona, el cual tiene una edad Jurásico Tardío (Oxfordiano-Kimmeridgiano; Fig. 2) y al miembro Pillow Lava el cual contiene estratos delgados de tobas síliceas intercaladas en los depósitos de basalto (Olmstead y Young, 2000; Lawton y Olmstead, 1995). La Formación Broken Jug registra una plataforma marina somera que se profundiza con fauna que tiene afinidad con la Formación La Casita (Lawton, 2004). La Formación Cucurpe fue depositada en el mar de Arivechi-Cucurpe, que es paralelo a la fosa de Chihuahua (Fig. 3), con un ambiente de depósito que varía de abanico aluvial a deltaico (Mauel *et al.*, 2008, 2011) con fauna del Kimmeridgiano Temprano como *Idoceras cfr. densicostatum* (Villaseñor *et al.*, 2005), con lo que podemos correlacionarla con los miembros El Pilón y La Parrita de la Formación La Casita. Los datos de U-Pb en zircones de la Formación Cucurpe muestran que esta formación fue depositada entre el Oxfordiano Temprano y Tithoniano Temprano (Mauel *et al.*, 2008, 2011). Por otra parte, la Formación La Caja contiene facies que varían de ambiente lagunar hasta marino profundo (Velasco-Segura *et al.*, 2004) con ammonites del Kimmeridgiano Temprano al Berriasiano como *Idoceras* y *Kossmatia* (Olóriz *et al.*, 1999). Imlay (1953) mencionó que las formaciones La Casita y La Caja están claramente separadas (en algunos sitios) de las capas del Cretácico Inferior y que la sucesión de ammonites indica un depósito continuo y una discordancia menor localmente en áreas marginales; sin embargo, Olóriz *et al.* (2003) mencionaron que esta información está incompleta, por lo que no se tiene un depósito continuo, ocasionado probablemente por las condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de la biota.

Durante la apertura del *rift* y el avance de la transgresión marina en la fosa de Chihuahua, ocurrió un evento magmático al oeste de la cuenca que dejó como registro plutones emplazados en las rocas deformadas del Jurásico Medio en California, Arizona, Sonora y Sinaloa (Anderson *et al.*, 2005; Barth *et al.*, 2006, 2008; Vega-Granillo *et al.*, 2008, 2011; Needy *et al.*, 2009). En el estado de Sinaloa se dató al plutón granítico Cubampo con una edad de 151 ± 3 Ma y un sill granítico de 155 ± 4 Ma que se emplazaron a lo largo de planos de foliación en rocas

metasedimentarias; ambos se consideran parte de una misma suite magmática por su semejanza petrográfica y geocronológica (Vega-Granillo *et al.*, 2008, 2011). Este evento magmático produjo material piroclástico que fue transportado por vientos predominantes del oeste-noroeste u oeste (Parrish y Peterson, 1988); posteriormente las tobas silíceas fueron depositadas en el canal marítimo El Carmel en Utah y Arizona (Lawton y McMillan, 1999), en la Formación Cucurpe en Sonora (150 ± 1 Ma; Mauel *et al.*, 2008, 2011) y en la fosa de Chihuahua (Fig. 21) interestratificándose con depósitos de lutita tipo mudstone en la plataforma externa u *off-shore* (Fig. 32).

10. CONCLUSIONES

- La Formación La Casita está constituida por sedimentos siliciclásticos que se dividen en tres miembros definidos aquí como El Pílon, La Parrita y El Táscate, en orden estratigráfico ascendente. El miembro El Pílon está compuesto principalmente por conglomerado polimíctico y litoarenitas con cambios locales en composición; el miembro La Parrita contiene arenisca, toba y lutita, y el miembro El Táscate presenta lutita y arenisca.
- Las litofacies de la Formación La Casita indican que los sedimentos fueron depositados en un ambiente marino somero. En las secciones medidas se aprecia un conjunto de parasecuencias retrogradacionales que varían desde una planicie deltaica hasta la plataforma externa u *off-shore*.
- La base de la Formación Navarrete, que sobreyace la Formación La Casita y que se localiza en el área de Plomosas y Los Panales, está constituida por una intercalación de lutitas calcáreas y evaporitas reemplazadas por calcita, depositadas en un ambiente supramareal Sabkha.
- Las areniscas de la Formación La Casita se clasificaron en dos petrofacies, lítica y cuarzosa. La petrofacies lítica está presente principalmente en el miembro El Pílon del área Los Panales, cuya fuente principal son las rocas sedimentarias del Jurásico Medio y Tardío y rocas carbonatadas paleozoicas ubicadas en los hombros de un *rift* en la fosa de Chihuahua. La petrofacies cuarzosa se identificó en los miembros La Parrita y El Táscate del área Los Panales y en todos los miembros del área cerro de Enmedio. La fuente de estos sedimentos probablemente es la misma que en la petrofacies lítica; sin embargo, la madurez composicional y la mejor clasificación de los granos conforme se sube estratigráficamente, manifiestan estabilidad en la cuenca y una topografía suavizada.
- Existe correlación entre los afloramientos de las áreas Los Panales y cerro de Enmedio, los cuales corresponden a la Formación La Casita. Con el conteo de clastos se confirmó que los afloramientos en las dos áreas corresponden al miembro El Pílon de la Formación La Casita; ya que visualmente se puede observar que los estratos de estas áreas varían en su composición aleatoriamente.
- Los ammonites encontrados en los miembros La Parrita y El Táscate muestran que existe una correlación entre las dos áreas de estudio, logrando también delimitar las bases y cimas de estos miembros.
- Las formaciones La Casita y Verde contienen principalmente zirrones detríticos con edades grenvillianas, panafricanas y del orógeno Apalachiano; y en menor cantidad de las provincias Yavapai y Mazatzal y de los arcos permo-triásico, Magmático Cordillerano y Nazas.

- Las edades de circones detríticos en la Formación La Casita muestran un claro reciclaje de las formaciones Verde y Plomosas. Las edades presentes varían desde el Arqueano hasta el Berriasiano (143 ± 4 Ma) cuyos picos prominentes son: 2634 Ma del noroeste de Laurencia y del basamento cristalino del suroeste de Laurencia 1792 Ma y 1616 Ma. Del magmatismo mesoproterozoico del suroeste de Norteamérica 1426 Ma. Edades del basamento grenvilliano son 1114 Ma y 1012 Ma. Del basamento Panafricano son 466 Ma, 556 Ma y 616 Ma. De la orogenia Apalachiana son 326 Ma, 372 Ma y 426 Ma. Del arco Permo-Triásico son 249 Ma y 286 Ma. Del arco magmático Cordillerano al oeste de Laurencia es 213 Ma. Del arco magmático Nazas es de 183 Ma y del magmatismo de *rift* son 154 Ma y 163 Ma. Por otra parte, los análisis de U-Pb en circones de un horizonte de toba con impresiones del ammonite *Idoceras* sp. del miembro La Parrita (cuya fuente es un evento magmático registrado en el suroeste de EEUU y noroeste de México), indica una edad de 150 ± 1 Ma; esta edad, aunque difiere con la edad del ammonite *Idoceras* sp. muestra que los estratos del miembro La Parrita tienen una edad del Kimmeridgiano Medio al Tithoniano Inferior.
- La Formación La Casita fue depositada en la cuenca extensiva de un *rift* con orientación noroeste–sureste entre el Oxfordiano y Kimmeridgiano. Estos sedimentos evolucionaron rápidamente de abanicos aluviales a deltas y *shoreface*, hasta llegar a plataforma externa por la transgresión marina ocurrida a finales del Kimmeridgiano al Tithoniano. La cuenca fue invertida durante el acortamiento laramídico.
- El arco magmático Nazas del suroeste de Laurencia estuvo presente en el centro-este de Chihuahua, proporcionando como evidencia el depósito de riolita (~183-176 Ma) de la Formación Plomosas y los circones detríticos de la Formación Verde; además de los clastos de riolita (~187-185 Ma) encontrados en los conglomerados del miembro El Pílon de la Formación La Casita que fueron reciclados de la Formación Plomosas.

REFERENCIAS CITADAS

- Amato, J.M., Mack, G.H., 2012. Detrital zircon geochronology from the Cambrian-Ordovician Bliss Sandstone, New Mexico: Evidence for contrasting Grenville-age and Cambrian sources on opposite sides of the Transcontinental Arch: Geological Society of America Bulletin, v. 124, p. 1826-1840.
- Anderson, T.H., Rodríguez-Castañeda, J.L., Silver, L.T., 2005. Jurassic rocks in Sonora, Mexico: Relations to the Mojave-Sonora megashear and its inferred northwestward extension: Geological Society of America Special Paper, v. 393, p. 51-95.
- Armin, R.A., 1987. Sedimentology and tectonic significance of Wolfcampian (Lower Permian) conglomerates in the Pedregosa basin: Southeastern Arizona, southwestern New Mexico, and northern Mexico; Geological Society of America Bulletin, v. 99, p. 42-65.
- Bachman, G.O., 1968. Geology of the Mockingbird Gap Quadrangle, Lincoln and Socorro Counties, New Mexico: U.S. Geol. Survey, Prof. Paper, 594-J, p J1-J43.
- Bachman, G.O., Myers, D.A., 1969. Geology of the Bear Peak Area Dona Ana County New Mexico: No. 1271-C, p. C1-C46.
- Bann, K.L., Fielding, C.R., 2004. An integrated ichnological and sedimentological comparison of non-deltaic shoreface and subaqueous delta deposits in Permian reservoir units of Australia; Geological Society, London, Special Publications v. 228, p. 273-310.
- Barboza-Gudiño, J.R., Torres-Hernández, J.R., Villasuso-Martínez, R., 2016. Revisión estratigráfica y estructura de la Sierra Plomosa, Chihuahua: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 33, p. 221-238.
- Barboza-Gudiño, J.R., Tristán-González, M., Torres-Hernández, J.R., 1998. The Late Triassic-Early Jurassic active continental margin of western North America in northeastern Mexico: Geofísica Internacional, v. 37, p. 283-292.
- Barth, A.P., Wooden, J.L., 2006. Timing of magmatism following initial convergence at a passive margin, southwestern U.S. Cordillera, and ages of lower crustal magma sources: The Journal of Geology, v. 114, p. 231 – 245.
- Barth, A.P., Wooden, J.L., Howard, K.A., Richards, J.L., 2008. Late Jurassic plutonism in the southwest US Cordillera: Geological Society of America Special Papers, v. 438, p. 379-396.
- Bilodeau, W.L., 1982. Tectonic models for Early Cretaceous rifting in southeastern Arizona: Geology, v. 10, p. 466-470.

- Bilodeau, W.L., Kluth, C.F., Vedder, L.K., 1987. Regional stratigraphic, sedimentologic, and tectonic relationships of the Glance Conglomerate in southeastern Arizona. Mesozoic rocks of southern Arizona and adjacent areas: Arizona Geological Society Digest, v. 18, p. 229-256.
- Bridges, L.W., 1962. Geology of Mina Plomosas area, Chihuahua, Mexico (Ph.D. dissertation): Austin, University of Texas, p. 241.
- Bridges, L.W., 1964. Stratigraphy of Mina Plomosas-Placer de Guadalupe Area: West Texas Geological Society, Publication 64, p. 50-60.
- Bridges, L.W., 1966. Geología del área de Plomosas, Chihuahua; trad. DA Córdoba. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 74, parte 1, p. 1-134.
- Buatois, L.A., Saccavino, L.L., Zavala, C., 2011. Ichnologic signatures of hyperpycnal flow deposits in Cretaceous river-dominated deltas, Austral Basin, southern Argentina. Sediment Transfer from Shelf to Deep Water—Revisiting the Delivery System: AAPG Studies in Geology 61, p. 153 – 170.
- Busby, C.J., 2012. Extensional and transtensional continental arc basins: Case studies from the southwestern United States. Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances: Chichester, UK, Blackwell Publishing Ltd, p. 382-404.
- Cantú-Chapa, A., 1976. Nuevas localidades del Kimeridgiano y Tithoniano en Chihuahua (Norte de México); Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 8, p. 38-49.
- Cantú-Chapa, A., 1998. Las Transgresiones Jurásicas en México; Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 15, p. 25-37.
- Chaparro, M.M.E., Loera, F.A., 2004. Carta Geológico-Minera Plomosas, (H13-C49) escala 1:50,000, Consejo de Recursos Minerales, p. 82.
- Coe, A.L., 2003. The sedimentary record of sea-level change. Cambridge University Press.
- Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W., Kinny, P., 2003. Atlas of zircon textures: Reviews in mineralogy and geochemistry, v. 53, p. 469-500.
- De Cserna, Z., Rincón, O.C., Solorio-Munguía, J., Schmitter-Villada, E., 1968. Una edad radiométrica Pérmica temprana de la región de Placer de Guadalupe, noreste de Chihuahua: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 31, p. 65-73.
- Dickinson, W.R., 1985. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In Provenance of arenites: Springer Netherlands, p. 333-361.

- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A. and Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, p. 222-235.
- Dickinson, W.R., Gehrels, G.E., 2008. U-Pb ages of detrital zircons in relation to paleogeography: Triassic paleodrainage networks and sediment dispersal across southwest Laurentia: *Journal of Sedimentary Research*, 2008, v. 78, p. 745–764. doi: 10.2110/jsr.2008.088
- Dickinson, W.R., Gehrels, G.F., 2009. Insights into North American paleogeography and paleotectonics from U–Pb ages of detrital zircons in Mesozoic strata of the Colorado Plateau, USA: *International Journal of Earth Sciences*, v. 99, p. 1247–1265. DOI: 10.1007/s00531-009-0462-0.
- Dickinson, W.R., Lawton, T.F., 2001a. Tectonic setting and sandstone petrofacies of the Bisbee basin (USA-Mexico): *Journal of South American Earth Sciences*, v. 14, p. 475-504.
- Dickinson, W.R., Lawton, T.F., 2001b. Carboniferous to Cretaceous assembly and fragmentation of Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 113, no. 9, p. 1142-1160.
- Dickinson, W.R., Suczek, C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 63, p. 2164-2182.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures: *American Association of Petroleum Geologists*, p. 108–121.
- Dyer, R., Reyes-Cortes, I.A., 1987. The geology of cerro El Carrizalillo, Chihuahua, Mexico: Preliminary Findings: *Paleozoico de Chihuahua-Excursión Geologica no. 2*, Sociedad Geologica Mexicana A.C., Delegación Chihuahua, v. 1, p. 108–128.
- Eguiluz de Antuñano, S., 2001. Geologic evolution and gas resources of the Sabinas Basin in northeastern Mexico, in Bartolini, C., Buffler, R.T., and Cantú-Chapa, A., eds., *The Western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, Sedimentary Basins, and Petroleum Systems: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, v. 75, p. 241–270.
- Eguiluz, A.S., Olivares-Ramos, D., López-Martínez, R., 2012. Discordancia entre el Jurásico y Cretácico en Huizachal, Tamaulipas, México: Su posible correlación con un límite de secuencia global; *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 29, p. 87-102.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G., Pemberton, S.G., 1984. Ichnology--Trace Fossils in *Sedimentology and Stratigraphy*. p. 317.

- Faure, G., Mensing, T.M., 2005. *Isotopes: principles and applications*: John Wiley & Sons Inc., p. 897.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types, p. 62-84.
- Folk, R.L., 1974. *Petrography of sedimentary rocks*: Austin, Texas.
- Fortunato, K.S., Ward, W.C., 1982. Upper Jurassic-Lower Cretaceous fan-delta complex: La Casita Formation of the Saltillo area, Coahuila, Mexico. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, v. 32, 473–482.
- Frenzel, H.N., Bloomer, R.R., Cline, R.B., Cys, J.M., Galley, J.E., Gibson, W.R., Hills, J.M., King, W.E., Seager, W.R., Kottowski, F.E., Thompson III, S., Luff, G.C., Pearson, B.T., Van Siclen, D.C., 1988. The Permian Basin Region; Sedimentary cover—North American craton: US: Boulder, Colorado, Geological Society of America, *The Geology of North America*, v. 2, p. 261-306.
- García-Esparza, J., 1989a. Prospecto El Cuervo, Estado de Chihuahua. PEMEX, NE-M-2289. México. (Informe inédito).
- García-Esparza, J., 1989b. Prospecto El Granero-Chapo, Estado de Chihuahua. PEMEX, NE-M-2072. México. (Informe inédito).
- Gawthorpe, R.L., Leeder, M.R., 2000. Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins: *Basin Research*, v. 12, p. 195 – 218.
- Gehrels, G.E., 2009. Age Pick Program. <http://www.geo.arizona.edu/agc/home.html>
- Gehrels, G.E., Blakey, R., Karlstrom, K.E., Timmons, J.M., Dickinson, B., Pecha, M., 2011. Detrital zircon U-Pb geochronology of Paleozoic strata in the Grand Canyon, Arizona: *Lithosphere*; v. 3, p. 183-200; doi: 10.1130/L121.1.
- Gilbert, J.C., 2012. Age and Provenance of the Gance Conglomerate, Morita Formation, and Equivalent Strata from U-Pb Geochronology, Southeastern Arizona and Southwestern New Mexico [M.S. thesis]: Las Cruces, New Mexico, New Mexico State University, p. 181.
- González-León, C.M., 1994. Early Cretaceous tectono-sedimentary evolution of the southwestern margin of the Bisbee Basin: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 11, p. 139-146.
- González-León, C.M., Valencia, V.A., Lawton, T.F., Amato, J.M., Gehrels, G.E., Leggett, W.J., Mauer, D.J., Montijo, O., Fernández, M.A., 2009. The lower Mesozoic record of detrital

zircon U-Pb geochronology of Sonora, México, and its paleogeographic implications: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 26, p. 301-314.

Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmit, M.D., Ogg, G.M., 2012. *The Geologic Time Scale 2012*: Elsevier, 1144 p.

Gilluly, Cooper, J.R., Williams, J.S., 1954. Late Paleozoic stratigraphy of central Cochise County, Arizona: U.S.Geol. Survey Prof. Paper 266, p. 49.

Haenggi, W.T., 1966. *Geology of El Cuervo area, northeastern Chihuahua, Mexico*; Austin, Texas, University of Texas at Austin: PhD diss., tesis doctoral, p. 403.

Haenggi, W.T., 2001. Tectonic history of the Chihuahua trough, Mexico and adjacent USA, Part I: the pre-Mesozoic setting: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo LIV, p. 28-66.

Hasiotis, T., Charalampakis, M., Stefatos, A., 2006. Fan delta development and processes offshore a seasonal river in a seismically active region, NW Gulf of Corinth: *Geo-Marine Letters*, v 26, p. 199-211.

Hennings, P.H., 1994. Structural transect of the southern Chihuahua Fold Belt between Ojinaga and Aldama, Chihuahua, Mexico: *Tectonics*, v. 13, p. 1445-1460.

Hernández, N.L., García-Peralta, A.A., 2005. Carta geológico-minera Placer de Guadalupe (H13-C48) Esc. 1:50,000, Consejo de Recursos Minerales, p. 72.

Herrera, G.J.D., Hernández, R.O.M., 2002. Carta geológico-minera y geoquímica Chorreras (H13-C59) Escala 1:50,000, Consejo de Recursos Minerales, p. 53.

Imlay, R.W., 1943. Upper Jurassic ammonites from the Placer de Guadalupe District, Chihuahua, Mexico: *Journal of Paleontology*, v. 17, p. 527-543.

Imlay, R.W., 1953. Las formaciones jurásicas de México. "Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 15, p. 1-65.

Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.L., Grimm, J.P., Pickle, J.D., Sares, S.W., 1984. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method: *Journal of Sedimentary Research*, v. 54, p. 103 – 116.

Ingersoll, R.V., Cavazza, W., 1987. Provenance of impure calclithites in the Laramide foreland of southwestern Montana: *Journal of Sedimentary Research*, v. 57, p. 995-1003.

- Ingersoll, R.V., Suczek, C.A., 1979. Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218: *Journal of Sedimentary Research*, v. 49.
- Iriondo, A., Kunk, M.J., Winick, J.A., CRM, 2004. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating Studies of Minerals and Rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM Scientific Collaboration (Part II).
- Iriondo, A., McDowell, F.W., 2011. New Middle Jurassic U-Pb zircon age for a felsic ignimbrite intercalated with the clastic Plomosas Formation in Chihuahua, northern Mexico: *Libro de resúmenes, UNAM, Inst. de Geología*.
- Iriondo, A., Premo, W.R., 2011. Las rocas cristalinas proterozoicas de Sonora y su importancia para la reconstrucción del margen continental SW de Laurentia—La pieza mexicana del rompecabezas de Rodinia, in Calmus, Thierry, ed., *Panorama de la geología de Sonora, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 118, cap. 2, p. 25–55, 10 figs., 2 tablas*.
- Karymbalis, E., Gaki-Papanastassiou, K., Ferentinou, M., 2010. Fan deltas classification coupling morphometric analysis and artificial neural networks: The case of NW coast of Gulf of Corinth, Greece: *Hellenic Journal of Geosciences*, v. 45, p. 133-146.
- Keppie, J.D., Dostal, J., Cameron, K.L., Solari, L.A., Ortega-Gutiérrez, F., López, R., 2003. Geochronology and geochemistry of Grenvillian igneous suites in the northern Oaxacan Complex, southern Mexico: tectonic implications: *Precambrian Research* v. 120, p. 365–389.
- Kottlowksi, F.E., 1960. Summary of Pennsylvanian sections in southwestern New Mexico and southeastern Arizona, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources: *Bulletin* 66, p. 187.
- Lawton, T.F., 2004. Upper Jurassic and Lower Cretaceous strata of southwestern New Mexico and northern Chihuahua, Mexico, in Mack, G. H., and Giles, K. A., eds., *The geology of New Mexico—A geologic history: Socorro, New Mexico Geological Society Special Publication*, v. 11, p. 153-168.
- Lawton, T.F., 2014. Stratigraphy and U-Pb ages of Jurassic magmatism in Sonora and southern Arizona: 40th Anniversary of ERNO-UNAM (1974-2014); [diapositivas de PowerPoint].
- Lawton, T.F., McMillan, N.J., 1999. Arc abandonment as a cause for passive continental rifting: Comparison of the Jurassic Mexican Borderland rift and the Cenozoic Rio Grande rift: *Geology*, v. 27, p. 779-782.

- Lawton, T.F., Molina-Garza, R.S., 2014, U-Pb geochronology of the type Nazas Formation and superjacent strata, northeastern Durango, Mexico: Implications of a Jurassic age for continental-arc magmatism in north-central Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 126, p. 1181-1199 doi: 1110.1130/B30827.30821.
- Lawton, T.F., Olmstead, G.A., 1995. Stratigraphy and structure of the lower part of the Bisbee Group, northeastern Chiricahua Mountains, Arizona: *Geological Society of America, Special Paper*, v. 301, p. 21-39.
- Legget, W.J., 2009. Stratigraphy, sedimentology and geochronology of lower and middle Jurassic rocks near Rancho San Martin del Rincon, north-central, Sonora, Mexico (M.S. thesis): Las Cruces, New Mexico, New Mexico State University, p. 203.
- Lopez, R., Cameron, K.L., and Jones, N.W., 2001, Evidence for Paleoproterozoic, Grenvillian and Pan-African and Gondwanan crust beneath northeastern Mexico: *Precambrian Research*, v. 107, p. 195–214.
- Ludwig, K. R., 2012. Isoplot 3.75–4.15: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, Berkeley, California.
- Lykousis, V., Sakellariou, D., Moretti, I., Kaberi, H., 2007. Late Quaternary basin evolution of the Gulf of Corinth: Sequence stratigraphy, sedimentation, fault–slip and subsidence rates: *Tectonophysics*, v. 440, p. 29-51.
- Mack, G.H., 1984. Exceptions to the relationship between plate tectonics and sandstone composition: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 54, p. 212–220.
- Martini, M., Ortega-Gutiérrez, F., 2016. Tectono-stratigraphic evolution of eastern Mexico during the break-up of Pangea: A review, *Earth-Sci. Rev.* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.06.013>
- Mael, D.J., 2008. Stratigraphy, sedimentology, and geochronology of Upper Jurassic rocks of the Altar-Cucurpe basin in the vicinity of Cucurpe, north-central Sonora, Mexico: (M.S. thesis): Las Cruces, New Mexico, New Mexico State University, p. 174.
- Mael, D.J., Lawton, T.F., González-León, C., Iriondo, A., Amato, J.M., 2011. Stratigraphy and age of Upper Jurassic strata in north-central Sonora, Mexico: Southwestern Laurentian record of crustal extension and tectonic transition: *Geosphere*, v. 7, p. 390-414.
- McLeroy, D.F., Clemons, R.E., 1965. Hoja Pedriceñas 13R–1(4) con Resumen de la Geología de la Hoja Pedriceñas, Estados de Coahuila y Durango: México, D.F., Universidad Autónoma

Nacional de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, escala 1:100,000.

Miall, A.D., 1996, *The Geology of Fluvial Deposits*: Berlin, Springer-Verlag, p. 581.

Montgomery, H., 2004. Deposition and emplacement of Permian reefs in Sierra Plomosa, Chihuahua, Mexico. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, v. 21, p. 236-246.

Mosher, S., 1998. Tectonic evolution of the southern Laurentian Grenville orogenic belt: *Geological Society of America Bulletin*, v. 110, p. 1357-1375.

Needy, S.K., Anderson, J.L., Wooden, J.L., Fleck, R.J., Barth, A.P., Paterson, S.R., Memeti, V., Pignotta, G.S., 2009. Mesozoic magmatism in an upper-to middle-crustal section through the Cordilleran continental margin arc, eastern Transverse Ranges, California: *Geological Society of America Special Papers*, v. 456, p. 187-218.

Nichols, G., 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*: John Wiley & Sons, p. 419.

Ocampo-Díaz, Y.Z.E., 2011. Implicaciones tectono-sedimentarias de las intercalaciones clásticas en el límite Jurásico – Cretácico del noreste de México (fosa de Monterrey y cuenca de Sabinas) (PhD. dissertation): Universidad Autónoma de Nuevo León.

Olmstead, G.A., Young, K., 2000. Late Jurassic ammonites from the northeastern Chiricahua Mountains, southeast Arizona: *New Mexico Geology*, v. 22, p. 1-7.

Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., 2003. Major lithostratigraphic units in land-outcrops in North-Central Mexico and the subsurface of the Northern rim of the gulf of Mexico basin (Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous): a proposal for correlation of tectonic-eustatic sequences: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 116, p. 119-142.

Olóriz, F., Villaseñor, A.B., González-Arreola, C., Westermann, G. E. G., 1999. Ammonite biostratigraphy and correlations in the Upper Jurassic-Lowermost Cretaceous La Caja Formation of North-Central México (Sierra de Catorce, San Luis Potosí): *Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods*, Springer US, p. 463-491.

Ortega-Flores, B., Solari, L.A., Lawton, T.F., Ortega-Obregón, C., 2014. Detrital-zircon record of major Middle Triassic–Early Cretaceous provenance shift, central Mexico: demise of Gondwanan continental fluvial systems and onset of back-arc volcanism and sedimentation: *International Geology Review*, v. 56, p. 237–261.

- Parrish, J.T., Peterson, F., 1988. Wind directions predicted from global circulation models and wind directions determined from eolian sandstones of the western United States-A comparison: *Sedimentary Geology*, v. 56, p. 261 – 282.
- Ramírez, J.C., Acevedo, F., 1957. Notas sobre la geología de Chihuahua: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 9, p. 583-770.
- Ransome, F.L., 1904. The geology and ore deposits of the Bisbee quadrangle, Arizona, U.S. Geological Survey Professional Paper, v. 21, 167 p.
- Riggs, N.R., Oberling, Z.A., Howell, E.R., Parker, W.G., Barth, A.P., Cecil, M.R., Martz, J.W., 2016. Sources of volcanic detritus in the basal Chinle Formation, southwestern Laurentia, and implications for the Early Mesozoic magmatic arc: *Geosphere*, v. 12, p. 1–25. doi:10.1130/GES01238.1
- Riggs, N.R., Reynolds, S.J., Lindner, P.J., Howell, E.R., Barth, A.P., Parker, W.G., Walker, J.D., 2013. The Early Mesozoic Cordilleran arc and Late Triassic paleotopography: The detrital record in Upper Triassic sedimentary successions on and off the Colorado Plateau: *Geosphere*, v. 9, p. 602 – 613.
- Roberts, D.C., 1989. Sedimentation and tectonics of the cerro Los Panales area east-central Chihuahua, Mexico: Unpublished MS thesis, The University of Texas (El Paso), p. 174.
- Rohais, S., Eschard, R., Ford, M., Guillocheau, F., Moretti, I., 2007. Stratigraphic architecture of the Plio-Pleistocene infill of the Corinth Rift: Implications for its structural evolution: *Tectonophysics* 440, no. 1, p. 5-28.
- Ruiz, J., Patchett, P.J., Ortega-Gutierrez, F., 1988. Proterozoic and Phanerozoic basement terranes of Mexico from Nd isotopic studies: *Geological Society of America Bulletin*, v. 100, p. 274-281.
- Solari, L.A., Gómez-Tuena, A., Bernal, J. P., Pérez-arvizu, O., Tanner, M. 2010. U-Pb zircon geochronology by integrated LA-ICPMS microanalytical workstation: achievements in precision and accuracy. *Geostandards and Geoanalytical Research*, v. 34, p. 5–18.
- Stoyanow, A.A., 1926. Notes on recent stratigraphic work in Arizona: *American Journal of Science*, v. 70, p. 311-324.
- Thompson, T.A., Baedke, S.J., 2009. Triplot 4.1.2 <http://mypage.iu.edu/~tthomps/programs/html/tntriplot.htm>
- Torres, R., Ruiz, Joaquin, P., Patchett, P.J., Grajales, J.M., 1999. Permo-Triassic continental arc in Eastern Mexico: Tectonic implications for reconstructions of southern North America,

in Bartonili, C., Wilson, J.L., Lawton, T.F., eds., Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 340.

Tucker, M.E. (2003). Sedimentary rocks in the field. John Wiley & Sons. p. 234.

Vega-Granillo, R., Salgado-Souto, S., Herrera-Urbina, S., Valencia, V., Ruiz, J., Meza-Figueroa, D., Talavera-Mendoza, O., 2008. U–Pb detrital zircon data of the Rio Fuerte Formation (NW Mexico): Its peri-Gondwanan provenance and exotic nature in relation to southwestern North America. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 26, p.343-354.

Vega, F.J., Lawton, T.F., 2011. Upper Jurassic (lower Kimmeridgian-Olvido) carbonate strata from the La Popa Basin diapirs, NE Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 63, p.313-321.

Velasco-Segura, J.A., Stinnesbeck, W., López-Oliva, J.G., González-González, A.H., 2004. Resultados preliminares de la evolución estratigráfica y paleoecológica en un perfil de la Formación La Caja del Jurásico Superior en la Sierra El Jabalí, Coahuila, México: *GEOS*, v. 24, p. 216.

Villarreal-Fuentes, J., Levresse, G., Nieto-Samaniego, A.F., Corona-Esquivel, R., 2014. New geological and geochronological data of the Placer de Guadalupe uplift, Mexico: a new piece of the Late Triassic-Jurassic Nazas Arc?: *International Geology Review*, v. 56, p. 2000-2014.

Villaseñor, A.B., González-León, C.M., Lawton, T.F., Aberhan, M., 2005. Upper Jurassic ammonites and bivalves from the Cucurpe formation, Sonora (Mexico): *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 22, p. 65-87.

Villaseñor, A.B., Olóriz, F., González-Arreola, C., 2000. Recent advances in Upper Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian) ammonite biostratigraphy from North-Central Mexico. Based in new collected ammonite assemblages: *GeoResearch Forum* v. 6, p. 249-262.

Villaseñor, A.B., Olóriz, F., López Palomino, I, López-Caballero, I. 2012. Updated ammonite biostratigraphy from Upper Jurassic deposits in Mexico: *Revue de Paléobiologie, Genève* (2012) v. spéc. 11, p. 249-267

ANEXOS 1

Figura A1.1.- Plano Geológico del área Los Panales

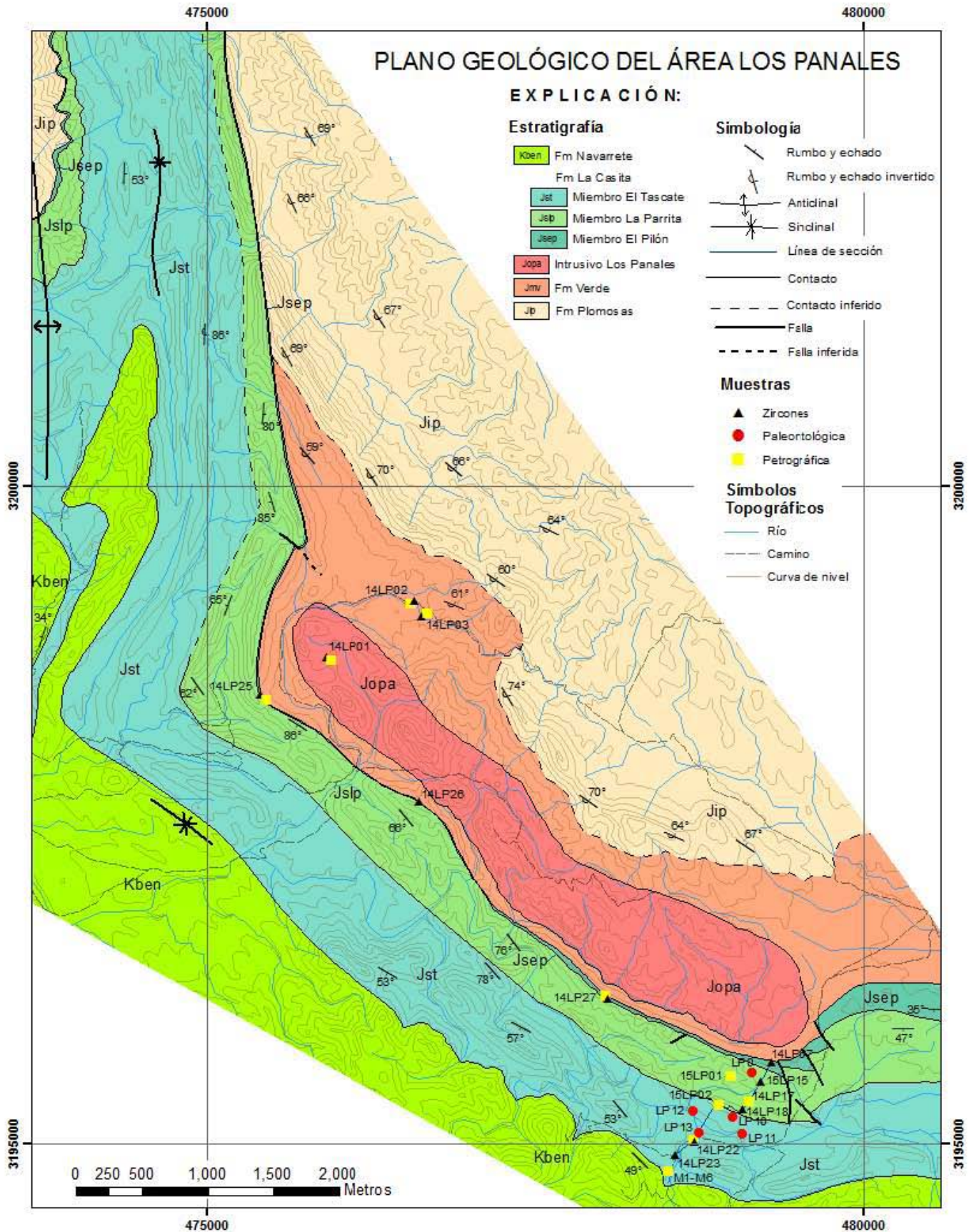
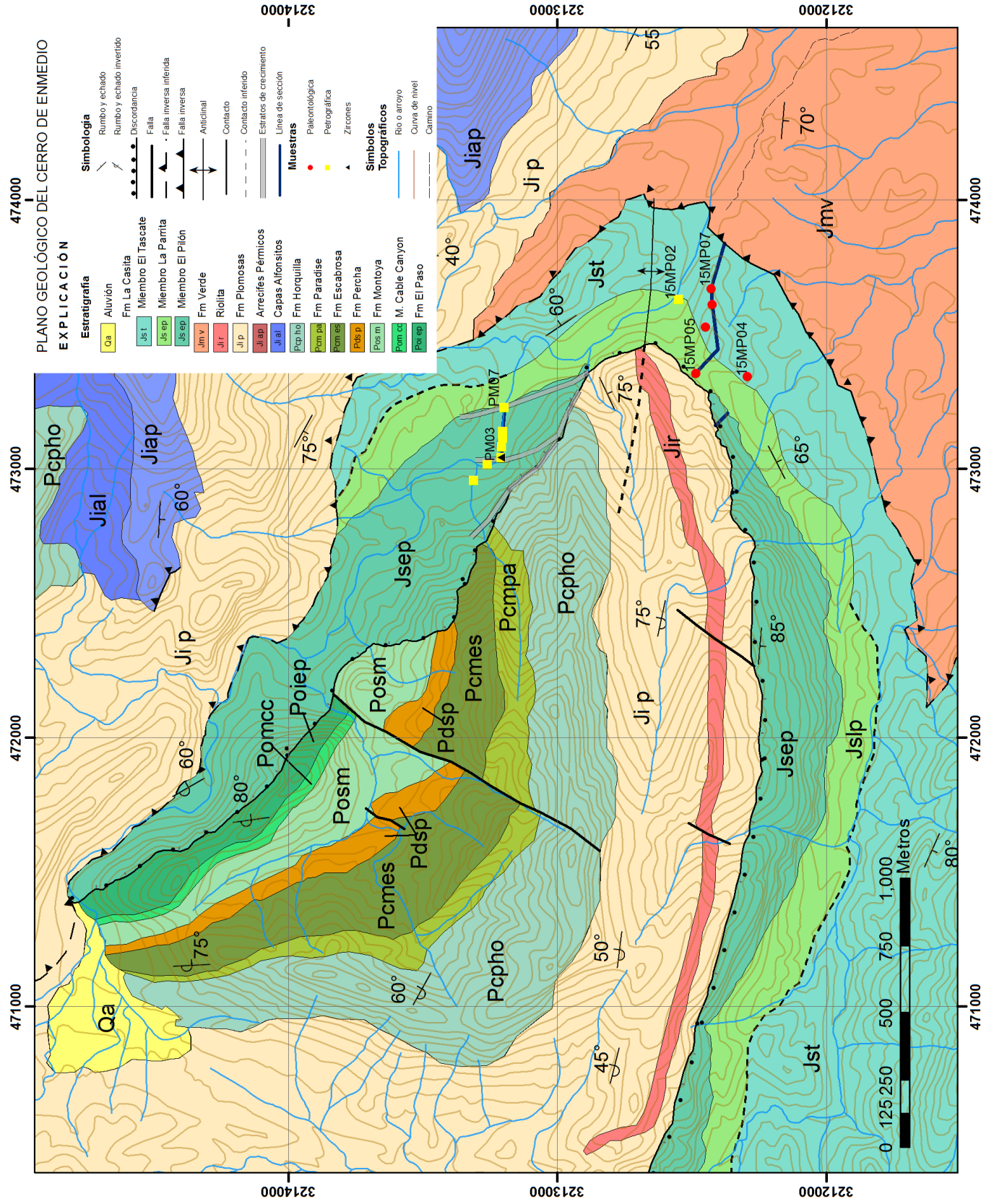


Figura A1.2.- Plano Geológico del área cerro de Enmedio



ANEXOS 2

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS											CORRECTED AGES (Ma)									
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	207Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	208Pb/232Th	±2s abs	Rho	206Pb/238U	±2s	207Pb/235U	±2s	207Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon-069	150	99.8	0.663	0.1171	0.0019	6.2400	0.1800	0.3922	0.0090	0.0986	0.0066	0.79	2131.0	42.0	2007.0	25.0	1897	30.0	1897	30.0	-6.18
Zircon-070	38.5	31.11	0.81	0.0618	0.0042	0.8700	0.0560	0.1021	0.0026	0.0306	0.0022	0.02	626.0	15.0	634.0	30.0	710	150.0	626	15.0	1.26
Zircon-071	601	106.5	0.18	0.0787	0.0018	1.7310	0.0560	0.1590	0.0025	0.0401	0.0031	0.53	951.0	14.0	1023.0	20.0	1181	40.0	1181	40.0	7.04
Zircon-072	180	160	0.89	0.0898	0.0025	3.1720	0.0970	0.2580	0.0041	0.0757	0.0048	0.22	1479.0	21.0	1448.0	23.0	1394	50.0	1394	50.0	-2.14
Zircon-073	215	107.9	0.50	0.0520	0.0100	0.0417	0.0083	0.0057	0.0004	0.0019	0.0003	0.21	36.5	2.4	41.2	8.1	790	360.0	37	2.4	+1.41
Zircon-074	106	57.7	0.54	0.0757	0.0024	1.8470	0.0570	0.1787	0.0022	0.0526	0.0031	-0.04	1060.0	12.0	1062.0	20.0	1082	65.0	1082	65.0	0.19
Zircon-075	466	597	1.28	0.0553	0.0031	0.4450	0.0220	0.0594	0.0015	0.0192	0.0012	0.05	372.0	9.0	373.0	15.0	400	120.0	372	9.0	0.27
Zircon-076	180.5	122.1	0.68	0.0500	0.0031	0.2690	0.0170	0.0388	0.0006	0.0123	0.0008	-0.04	245.5	3.7	241.0	13.0	380	120.0	246	3.7	-1.87
Zircon-077	644	502	0.78	0.0489	0.0017	0.1954	0.0082	0.0291	0.0006	0.0091	0.0006	0.55	184.6	3.6	180.9	7.0	247	75.0	185	3.6	-2.05
Zircon-078	238.2	132.4	0.56	0.0585	0.0016	0.7210	0.0200	0.0903	0.0010	0.0267	0.0016	0.07	557.1	5.7	551.0	12.0	533	60.0	557	5.7	-1.11
Zircon-079	173.2	88.2	0.51	0.1831	0.0026	13.1700	0.2600	0.5260	0.0061	0.1374	0.0080	0.50	2729.0	24.0	2693.0	19.0	2686	24.0	2686	24.0	-1.34
Zircon-080	340	342	1.01	0.0582	0.0027	0.5650	0.0290	0.0732	0.0023	0.0211	0.0013	0.43	455.0	14.0	459.0	21.0	500	100.0	455	14.0	0.87
Zircon-081	413	434	1.05	0.0584	0.0022	0.6700	0.0350	0.0842	0.0018	0.0267	0.0016	0.51	521.0	10.0	520.0	22.0	564	91.0	521	10.0	-0.19
Zircon-082	421	120.3	0.29	0.0768	0.0014	1.6830	0.0360	0.1602	0.0012	0.0467	0.0027	0.24	957.9	6.8	1001.0	14.0	1116	37.0	1116	37.0	4.31
Zircon-083	425	226.4	0.53	0.0513	0.0014	0.2939	0.0078	0.0421	0.0004	0.0133	0.0008	0.02	265.9	2.4	261.4	6.1	284	59.0	266	2.4	-1.72
Zircon-084	120.1	27.06	0.23	0.0793	0.0017	2.2100	0.0580	0.2035	0.0025	0.0609	0.0039	0.48	1194.0	13.0	1185.0	18.0	1164	43.0	1164	43.0	-0.76
Zircon-085	297	176	0.59	0.0518	0.0019	0.2950	0.0110	0.0414	0.0006	0.0132	0.0008	0.03	261.5	3.7	262.0	8.7	268	80.0	262	3.7	0.19
Zircon-086	346	188	0.54	0.0817	0.0015	2.3540	0.0500	0.2091	0.0013	0.0599	0.0034	0.07	1224.0	6.7	1228.0	15.0	1240	36.0	1240	36.0	0.33
Zircon-087	88.9	61.2	0.69	0.0517	0.0051	0.2300	0.0220	0.0328	0.0008	0.0094	0.0007	-0.13	208.0	5.2	210.0	19.0	460	190.0	208	5.2	-0.95
Zircon-088	150.6	136.4	0.91	0.0608	0.0018	0.8440	0.0300	0.0998	0.0014	0.0305	0.0019	0.31	613.1	8.5	620.0	16.0	668	65.0	613	8.5	1.11
Zircon-089	101.7	55.9	0.55	0.0574	0.0033	0.6110	0.0300	0.0764	0.0011	0.0248	0.0016	-0.33	474.8	6.4	480.0	21.0	590	130.0	475	6.4	2.90
Zircon-090	165.7	68.9	0.42	0.0822	0.0016	2.4990	0.0580	0.2192	0.0026	0.0639	0.0038	0.32	1277.0	14.0	1272.0	17.0	1249	39.0	1249	39.0	-0.39
Zircon-091	94.1	49.9	0.53	0.0488	0.0031	0.4620	0.0250	0.0608	0.0011	0.0192	0.0013	0.00	380.3	6.8	383.0	18.0	420	120.0	380	6.8	0.70
Zircon-092	265	107.4	0.41	0.0558	0.0018	0.5680	0.0180	0.0727	0.0007	0.0226	0.0014	0.08	452.2	4.5	457.0	12.0	461	73.0	452	4.5	1.05
Zircon-093	166.7	53.5	0.32	0.0783	0.0017	2.1050	0.0490	0.1936	0.0019	0.0584	0.0035	0.24	1140.0	10.0	1151.0	16.0	1155	44.0	1155	44.0	0.96
Zircon-094	62.2	38.4	0.62	0.0749	0.0023	1.8780	0.0620	0.1820	0.0023	0.0550	0.0034	0.04	1078.0	13.0	1074.0	21.0	1067	60.0	1067	60.0	-0.37
Zircon-095	313	232.8	0.74	0.1060	0.0017	3.9350	0.0730	0.2655	0.0022	0.0861	0.0048	0.16	1518.0	11.0	1620.0	15.0	1738	29.0	1738	29.0	6.30
Zircon-096	144.8	62.9	0.43	0.0644	0.0024	1.1550	0.0450	0.1289	0.0014	0.0413	0.0028	0.21	781.4	7.9	784.0	23.0	756	81.0	781	7.9	0.33
Zircon-097	245.9	458	1.86	0.0525	0.0023	0.3640	0.0170	0.0502	0.0009	0.0155	0.0009	0.34	315.9	5.4	314.0	13.0	337	93.0	316	5.4	-0.61
Zircon-098	99.3	40.8	0.41	0.0490	0.0045	0.2770	0.0260	0.0413	0.0010	0.0143	0.0012	0.25	260.8	6.3	246.0	21.0	360	170.0	261	6.3	-6.02
Zircon-099	56.8	98.8	1.17	0.0725	0.0012	1.6360	0.0330	0.1616	0.0013	0.0512	0.0031	0.21	965.4	7.4	985.0	12.0	1002	34.0	965	7.4	1.99
Zircon-100	199	109.8	0.55	0.0524	0.0030	0.3010	0.0190	0.0403	0.0009	0.0136	0.0011	0.35	254.5	5.6	266.0	15.0	350	130.0	255	5.6	4.32
Muestra 14LP03, Fm. Verde - Coordenadas: X 476637, Y 3199008, 13 R																					
Zircon-001	186.9	88.2	0.47	0.1013	0.0023	4.2400	0.1100	0.3030	0.0027	0.0890	0.0028	0.28	1706.0	14.0	1680.0	22.0	1655.0	22.0	1655.0	22.0	-1.55
Zircon-002	361	116.8	0.32	0.1189	0.0026	5.4400	0.1400	0.3308	0.0035	0.0977	0.0037	0.89	1842.0	17.0	1891.0	22.0	1951.0	23.0	1951.0	23.0	2.59
Zircon-003	161.2	79.4	0.49	0.0787	0.0023	2.0740	0.0620	0.1845	0.0024	0.0456	0.0016	0.33	1091.0	13.0	1120.0	23.0	1279.0	33.0	1279.0	33.0	2.00
Zircon-004	119.8	62.2	0.52	0.1119	0.0029	3.1590	0.1400	0.3377	0.0032	0.0983	0.0034	0.40	1876.0	15.0	1844.0	24.0	1819.0	30.0	1819.0	30.0	-1.74
Zircon-005	38.1	21.6	0.57	0.0850	0.0048	2.7000	0.1600	0.2264	0.0049	0.0719	0.0040	0.31	1315.0	26.0	1322.0	43.0	1285.0	62.0	1285.0	62.0	0.53
Zircon-006	39.6	7.46	0.19	0.0558	0.0039	0.8580	0.0740	0.1068	0.0037	0.0317	0.0033	0.30	654.0	21.0	630.0	43.0	590.0	110.0	654.0	21.0	-3.81
Zircon-007	32.2	21.99	0.68	0.0754	0.0047	1.7200	0.1100	0.1666	0.0034	0.0499	0.0024	0.23	993.0	19.0	1007.0	42.0	1090.0	75.0	1090.0	75.0	1.39
Zircon-008	352.3	190.6	0.54	0.0915	0.0019	3.2090	0.0780	0.2535	0.0019	0.0741	0.0024	0.25	1456.3	9.8	1459.0	19.0	1453.0	29.0	1453.0	29.0	0.19
Zircon-009	732	23.4	0.03	0.0542	0.0013	0.4540	0.0120	0.0605	0.0005	0.0165	0.0013	0.06	378.6	3.3	380.0	8.6	380.0	32.0	378.6	3.3	0.37
Zircon-010	355	13.6	0.04	0.0587	0.0020	0.7300	0.0290	0.0903	0.0012	0.0371	0.0050	0.47	557.3	7.3	555.0	17.0	582.0	33.0	557.3	7.3	-0.41
Zircon-011	48.2	12.38	0.26	0.0832	0.0035	2.4400	0.1000	0.2138	0.0030	0.0669	0.0045	0.02	1249.0	16.0	1250.0	30.0	1279.0	42.0	1279.0	42.0	0.08
Zircon-012	212.7	75.3	0.35	0.0679	0.0023	1.1700	0.0410	0.1254	0.0017	0.0441	0.0018	0.20	761.4	9.5	785.0	19.0	861.0	44.0	761.4	9.5	3.01
Zircon-013	188	130.9	0.70	0.0547	0.0025	0.4470	0.0200	0.0594	0.0008	0.0168	0.0009	-0.08	372.0	5.0	377.0	13.0	414.0	49.0	372.0	5.0	1.26
Zircon-014	167.2	133.1	0.80	0.0491	0.0035	2.0200	0.1040	0.2092	0.0006	0.0089	0.0004	-0.11	185.7	3.9	190.0	11.0	385.0	82.0	185.7	3.9	2.33
Zircon-015	158.9	81.6	0.51	0.0873	0.0023	2.8540	0.0810	0.2345	0.0024	0.0694	0.0023	0.25	1358.0	13.0	1370.0	22.0	1373.0	35.0	1373.0	35.0	0.88
Zircon-016	172.6	55.4	0.32	0.0798	0.0029	2.1760	0.0780	0.1979	0.0031	0.0598	0.0027	0.26	1164.0	17.0	1172.0	25.0	1193.0	41.0	1193.0	41.0	0.68
Zircon-017	183.2	140.8	0.77	0.1057	0.0026	2.5040	0.0990	0.1709	0.0037	0.0358	0.0021	0.61	1017.0	21.0	1271.0	29.0	1702.0	36.0	1702.0	36.0	19.98
Zircon-018	438	123.2	0.28	0.0541	0.0025	0.3730	0.0220	0.0504	0.0008	0.0127	0.0010	0.48	317.2	5.1	321.0	16.0	401.0	75.0	317.2	5.1	1.18
Zircon-019	128.3	68.8	0.54	0.0600	0.0027	0.8400	0.0340	0.1008	0.0014	0.0305	0.0012	-0.07	619.1	8.0	620.0	18.0	654.0	52.0	619.1	8.0	0.15
Zircon-020	252.2	75.5	0.30	0.0784	0.0020	2.1520	0.0580	0.1993	0.0020	0.0591	0.0020	0.15	1171.0	11.0	1167.0	19.0	1157.0	28.0	1157.0	28.0	-0.34
Zircon-021	115.1	51.5	0.27	0.0578	0.0021	1.6670	0.0420	0.0830	0.0010	0.0286	0.0012	0.07	514.3	6.0	518.0	14.0	565.0	11.0	514.3	6.0	0.71
Zircon-022	470	294	0.63	0.0526	0.0016	0.3920	0.0140	0.0541	0.0006	0.0162	0.0006										

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	CORRECTED RATIOS								CORRECTED AGES (Ma)										
			207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		208Pb/232Th		206Pb/238U		207Pb/235U		207Pb/206Pb		Best age (Ma)	±2s	Disc %		
			±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs	±2s	abs							
Zircon-073	216.7	127.4	0.59	0.1229	0.0024	6.4900	0.1600	0.3761	0.0035	0.1073	0.0032	0.41	2058.0	16.0	2043.0	22.0	2003.0	21.0	2003.0	21.0	-0.73
Zircon-074	153.9	123.7	0.80	0.1074	0.0027	4.7500	0.1300	0.3176	0.0030	0.0906	0.0029	-0.12	1778.0	15.0	1775.0	22.0	1755.0	29.0	1755.0	29.0	-0.10
Zircon-075	855	246	0.29	0.0575	0.0016	0.6160	0.0200	0.0773	0.0008	0.0223	0.0013	0.34	479.7	5.0	489.0	13.0	496.0	41.0	479.7	5.0	1.97
Zircon-076	270.5	213	0.79	0.0607	0.0017	0.8920	0.0290	0.1942	0.0010	0.0313	0.0011	0.38	638.9	6.0	647.0	18.0	649.0	35.0	638.9	6.0	1.25
Zircon-077	95.9	38	0.40	0.0845	0.0026	2.7590	0.0920	0.2317	0.0027	0.0718	0.0026	0.28	1343.0	14.0	1342.0	25.0	1299.0	33.0	1299.0	33.0	-0.07
Zircon-078	199.8	85.3	0.43	0.1158	0.0026	5.5800	0.1400	0.3451	0.0030	0.0978	0.0034	0.08	1911.0	14.0	1915.0	22.0	1899.0	23.0	1899.0	23.0	0.21
Zircon-079	85.3	335	3.90	0.0665	0.0017	1.2810	0.0340	0.1372	0.0016	0.0416	0.0015	0.14	828.9	9.3	837.0	15.0	825.0	43.0	828.9	9.3	0.97
Zircon-080	311.6	156	0.50	0.0512	0.0025	0.2840	0.0140	0.0403	0.0006	0.0125	0.0006	0.05	254.7	3.8	254.0	11.0	337.0	62.0	254.7	3.8	-0.28
Zircon-081	247.2	120.2	0.49	0.0847	0.0020	2.6030	0.0700	0.2219	0.0017	0.0646	0.0021	0.18	1291.9	9.2	1305.0	20.0	1291.0	29.0	1291.9	29.0	1.00
Zircon-082	190.4	257	1.35	0.0573	0.0020	0.6980	0.0250	0.0877	0.0010	0.0266	0.0008	0.13	542.6	6.1	538.0	15.0	511.0	41.0	542.6	6.1	-0.86
Zircon-083	871	406	0.47	0.0548	0.0018	0.4460	0.0170	0.0592	0.0007	0.0177	0.0007	0.27	370.7	4.5	374.0	12.0	389.0	40.0	370.7	4.5	0.88
Zircon-084	86.6	31.49	0.36	0.0790	0.0024	2.1700	0.0710	0.1980	0.0024	0.0590	0.0025	0.27	1164.0	13.0	1169.0	23.0	1178.0	31.0	1178.0	31.0	0.43
Zircon-085	99.3	84	0.85	0.0560	0.0110	0.0471	0.0080	0.0062	0.0014	0.0018	0.0002	-0.14	39.6	2.3	46.3	7.8	1050.0	2000	39.6	2.3	14.47
Zircon-086	216.9	42.1	0.19	0.0583	0.0024	0.7350	0.0300	0.0911	0.0011	0.0267	0.0014	-0.15	562.2	6.6	558.0	18.0	559.0	70.0	562.2	6.6	0.75
Zircon-087	91.7	78.6	0.86	0.1948	0.0043	14.3900	0.3800	0.5346	0.0060	0.1509	0.0049	0.43	2760.0	25.0	2775.0	25.0	2786.0	21.0	2786.0	21.0	0.54
Zircon-088	84.5	140	1.66	0.0701	0.0040	1.4820	0.0800	0.1504	0.0035	0.0463	0.0019	0.17	903.0	20.0	921.0	33.0	960.0	98.0	903.0	20.0	1.95
Zircon-089	119.2	67	0.56	0.0518	0.0028	0.2810	0.0170	0.0396	0.0008	0.0129	0.0007	0.29	250.1	5.0	252.0	14.0	394.0	60.0	250.1	5.0	0.75
Zircon-090	789	316	0.40	0.1798	0.0037	6.4200	0.1500	0.2608	0.0025	0.0885	0.0041	0.45	1494.0	13.0	1495.0	20.0	1461.0	18.0	1461.0	18.0	26.58
Zircon-091	493	230.8	0.47	0.0548	0.0018	0.4720	0.0150	0.0635	0.0008	0.0182	0.0006	0.06	396.9	5.0	392.0	10.0	403.0	46.0	396.9	5.0	-1.25
Zircon-092	308	169	0.55	0.0640	0.0039	0.5990	0.0238	0.0594	0.0013	0.0155	0.0015	0.15	372.0	8.0	416.0	22.0	712.0	80.0	372.0	8.0	10.58
Zircon-093	235	127.9	0.54	0.0832	0.0089	1.4700	0.1400	0.1266	0.0080	0.0426	0.0028	0.41	767.0	46.0	908.0	60.0	1280.0	120.0	1280.0	120.0	15.53
Zircon-094	131.3	55.4	0.42	0.0550	0.0076	0.3920	0.0570	0.0534	0.0028	0.0404	0.0009	0.40	335.0	17.0	330.0	43.0	660.0	120.0	335.0	17.0	-1.52
Zircon-095	192.2	184	0.96	0.1028	0.0026	4.2700	0.1100	0.3034	0.0040	0.0864	0.0029	0.20	1708.0	20.0	1686.0	22.0	1675.0	27.0	1675.0	27.0	-1.30
Zircon-096	157.7	71.3	0.45	0.0588	0.0026	0.6810	0.0280	0.0845	0.0010	0.0260	0.0011	-0.16	523.2	6.2	526.0	17.0	546.0	53.0	523.2	6.2	0.53
Zircon-097	210	139	0.66	0.0518	0.0025	0.3130	0.0160	0.0442	0.0007	0.0141	0.0006	0.12	278.5	4.4	276.0	12.0	324.0	62.0	278.5	4.4	-0.91
Zircon-098	415	136.9	0.33	0.0537	0.0023	0.2990	0.0130	0.0412	0.0006	0.0136	0.0006	0.06	259.9	3.5	268.0	10.0	347.0	62.0	259.9	3.5	3.02
Zircon-099	443	74.9	0.17	0.0602	0.0019	0.7730	0.0280	0.0939	0.0015	0.0285	0.0015	0.40	578.7	8.8	581.0	16.0	597.0	35.0	578.7	8.8	0.40
Zircon-100	548	186	0.34	0.0527	0.0017	0.3290	0.0120	0.0453	0.0007	0.0140	0.0006	0.23	285.3	4.3	288.3	8.9	342.0	40.0	285.3	4.3	1.04
Muestra 14LP07, Miembro El Pilón (Fm. La Castita) - Coordenadas X 479290, Y 3195622, 13 R																					
Zircon-001	491	163.4	0.33	0.0781	0.0022	2.0730	0.0250	0.1915	0.0020	0.0552	0.0014	0.10	1129.0	11.0	1139.6	8.2	1168.0	34.0	1129.0	34.0	0.93
Zircon-002	751	271	0.36	0.0739	0.0022	1.7300	0.0260	0.1704	0.0017	0.0513	0.0013	-0.04	1014.2	9.3	1019.0	9.6	1043.0	41.0	1043.0	41.0	0.47
Zircon-003	327	112.2	0.34	0.0730	0.0025	1.6580	0.0410	0.1638	0.0022	0.0486	0.0013	0.19	978.0	12.0	991.0	16.0	1077.0	37.0	1077.0	37.0	1.31
Zircon-004	117.1	61.5	0.53	0.0760	0.0035	1.6700	0.0620	0.1638	0.0026	0.0502	0.0022	-0.06	978.0	15.0	1006.0	24.0	1031.0	64.0	1031.0	64.0	2.78
Zircon-005	44.4	23.27	0.52	0.0670	0.0100	0.6020	0.0800	0.0680	0.0030	0.0207	0.0019	-0.03	424.0	18.0	491.0	51.0	920.0	130.0	424.0	18.0	13.65
Zircon-006	491	249.4	0.51	0.0524	0.0034	0.2940	0.0160	0.0401	0.0008	0.0130	0.0006	0.21	253.2	4.7	263.0	13.0	376.0	68.0	253.2	4.7	3.73
Zircon-007	117.5	84	0.71	0.0547	0.0069	0.2450	0.0280	0.0342	0.0012	0.0110	0.0007	-0.01	216.6	7.3	219.0	23.0	620.0	120.0	216.6	7.3	1.10
Zircon-008	1204.9	35.32	0.29	0.0587	0.0019	0.7350	0.0550	0.0909	0.0020	0.0279	0.0020	-0.03	561.0	12.0	557.0	33.0	643.0	93.0	561.0	12.0	-0.72
Zircon-009	202	90.5	0.45	0.0758	0.0026	1.7860	0.0520	0.1747	0.0024	0.0551	0.0019	0.11	1038.0	13.0	1047.0	17.0	1072.0	45.0	1072.0	45.0	0.86
Zircon-010	224	107.5	0.48	0.0815	0.0032	0.9980	0.0920	0.0887	0.0032	0.0397	0.0021	-0.11	547.0	14.0	705.0	44.0	1240.0	120.0	547.0	14.0	22.41
Zircon-011	264	260	1.00	0.1440	0.0220	0.4040	0.0410	0.0207	0.0007	0.0114	0.0010	-0.21	132.3	4.2	340.0	44.0	2300.0	170.0	2300.0	170.0	61.09
Zircon-012	523	73.8	0.14	0.0572	0.0022	0.6380	0.0210	0.0804	0.0010	0.0266	0.0012	0.35	498.6	6.3	500.0	13.0	496.0	55.0	498.6	6.3	0.28
Zircon-013	322	73.1	0.23	0.0772	0.0027	1.9720	0.0550	0.1864	0.0031	0.0584	0.0031	0.39	1102.0	17.0	1107.0	19.0	1094.0	38.0	1094.0	38.0	0.45
Zircon-014	651	389	0.60	0.0534	0.0030	0.2390	0.0120	0.0334	0.0007	0.0108	0.0004	0.05	211.9	4.2	217.3	9.5	391.0	61.0	211.9	4.2	2.49
Zircon-015	547	293	0.54	0.0558	0.0024	0.5480	0.0170	0.0708	0.0010	0.0231	0.0008	-0.04	440.7	5.9	445.0	11.0	452.0	56.0	440.7	5.9	0.97
Zircon-016	227.7	183.3	0.81	0.0761	0.0027	2.0320	0.0550	0.1972	0.0025	0.0592	0.0015	0.43	1160.0	14.0	1130.0	18.0	1080.0	39.0	1080.0	39.0	-2.65
Zircon-017	797	369	0.46	0.0499	0.0024	0.1741	0.0066	0.0256	0.0004	0.0083	0.0003	0.22	163.2	2.2	162.8	5.7	245.0	51.0	163.2	2.2	-0.25
Zircon-018	272.5	267	0.98	0.0756	0.0046	1.7400	0.1000	0.1675	0.0022	0.0526	0.0018	0.21	998.0	12.0	1031.0	31.0	1069.0	94.0	1069.0	94.0	3.20
Zircon-019	256	87.7	0.34	0.0722	0.0027	1.6910	0.0470	0.1708	0.0022	0.0512	0.0017	0.20	1016.0	12.0	1008.0	17.0	994.0	40.0	994.0	40.0	-0.79
Zircon-020	821	266.6	0.32	0.0786	0.0021	2.1500	0.0240	0.1986	0.0020	0.0597	0.0013	0.31	1168.0	11.0	1164.7	7.6	1166.0	28.0	1166.0	28.0	-0.28
Zircon-021	169.5	123.7	0.73	0.0671	0.0026	1.3280	0.0460	0.1437	0.0019	0.0447	0.0013	0.15	865.0	11.0	856.0	20.0	850.0	46.0	865.0	11.0	-1.05
Zircon-022	360	136.5	0.38	0.0724	0.0023	1.6760	0.0300	0.1692	0.0020	0.0505	0.0014	0.08	1008.0	11.0	1000.0	11.0	984.0	37.0	1008.0	11.0	-0.80
Zircon-023	381	248	0.65	0.0545	0.0024	0.5310	0.0170	0.0701	0.0011	0.0219	0.0006	0.15	436.9	6.4	431.0	12.0	375.0	49.0	436.9	6.4	-1.37
Zircon-024	404	169.9	0.41	0.0774	0.0023	2.0980	0.0360	0.1968	0.0021	0.0583	0.0015	0.07	1158.0	11.0	1144.0	12.0	1120.0	32.0	1120.0	32.0	-1.22
Zircon-025	42.2	20.61	0.49	0.0734	0.0049	1.7800	0.1100	0.1796	0.0042	0.0523	0.0023	0.10	1064.0	23.0	1041.0	39.0	1070				

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS ²										CORRECTED AGES (Ma)										
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	207Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	208Pb/232Th	±2s abs	Rho	206Pb/238U	±2s	207Pb/235U	±2s	207Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon-077	191.6	235.3	1.23	0.1037	0.0030	4.0210	0.0530	0.2802	0.0031	0.0810	0.0018	0.07	1592.0	16.0	1638.0	11.0	1705.0	26.0	1705.0	26.0	2.81
Zircon-078	122.5	135.2	1.10	0.1827	0.0052	11.3200	0.1300	0.4500	0.0056	0.1324	0.0031	0.20	2395.0	25.0	2550.0	11.0	2687.0	23.0	2687.0	23.0	6.08
Zircon-079	210	204	0.97	0.0511	0.0031	0.2390	0.0130	0.0335	0.0007	0.1033	0.0003	0.10	2121	4.6	2170	11.0	375.0	20.0	2121	4.6	2.26
Zircon-080	212.4	77.1	0.36	0.0958	0.0053	2.6100	0.1300	0.1917	0.0026	0.0797	0.0066	0.84	1130.0	14.0	1295.0	35.0	1565.0	96.0	1565.0	96.0	12.61
Zircon-081	567	309	0.54	0.0550	0.0018	0.4940	0.0110	0.0659	0.0008	0.0131	0.0005	0.14	425.6	4.9	467.3	7.2	418.0	49.0	425.6	4.9	0.42
Zircon-082	67.2	29.5	0.44	0.0761	0.0032	1.9590	0.0650	0.1860	0.0035	0.0566	0.0022	0.30	1099.0	19.0	1102.0	21.0	1082.0	43.0	1082.0	43.0	0.27
Zircon-083	249	57.1	0.23	0.0586	0.0028	0.6430	0.0440	0.0796	0.0027	0.0264	0.0017	0.20	494.0	16.0	502.0	25.0	553.0	67.0	494.0	16.0	1.59
Zircon-084	477	385	0.81	0.0545	0.0020	0.4560	0.0120	0.0605	0.0009	0.0188	0.0005	-0.03	378.5	5.2	381.3	8.1	404.0	52.0	378.5	5.2	0.73
Zircon-085	84.6	75.9	0.90	0.0712	0.0030	1.7010	0.0560	0.1711	0.0028	0.0522	0.0017	0.11	1018.0	15.0	1060.0	21.0	954.0	51.0	1018.0	15.0	-1.19
Zircon-086	96	34.8	0.36	0.0828	0.0027	2.4810	0.0440	0.2147	0.0034	0.0651	0.0022	0.18	1253.0	18.0	1265.0	13.0	1268.0	37.0	1253.0	18.0	0.95
Zircon-087	514	454	0.88	0.0570	0.0020	0.6310	0.0150	0.0798	0.0009	0.0241	0.0007	0.07	494.7	5.6	496.2	9.0	486.0	42.0	494.7	5.6	0.30
Zircon-088	365	104.9	0.29	0.1010	0.0030	2.8740	0.0560	0.2033	0.0034	0.0411	0.0015	0.09	1193.0	18.0	1373.0	14.0	1641.0	32.0	1641.0	32.0	13.11
Zircon-089	291	136.8	0.47	0.0724	0.0022	1.7220	0.0320	0.1699	0.0018	0.0517	0.0013	0.18	1012.0	10.0	1016.0	12.0	1004.0	35.0	1004.0	35.0	0.39
Zircon-090	427	325	0.76	0.0548	0.0021	0.5140	0.0170	0.0679	0.0011	0.0217	0.0007	0.32	423.5	6.4	420.0	11.0	416.0	44.0	423.5	6.4	-0.83
Zircon-091	64.9	25.69	0.40	0.0847	0.0039	2.7500	0.1000	0.2330	0.0043	0.0648	0.0024	0.01	1350.0	22.0	1338.0	28.0	1302.0	42.0	1302.0	42.0	0.90
Zircon-092	85.6	50.8	0.59	0.0803	0.0065	2.1700	0.1600	0.1984	0.0028	0.0680	0.0044	0.21	1166.0	15.0	1186.0	48.0	1140.0	120.0	1140.0	120.0	-1.69
Zircon-093	189.8	134	0.71	0.0535	0.0031	0.3870	0.0210	0.0522	0.0010	0.0171	0.0006	0.31	327.7	6.4	330.0	16.0	467.0	83.0	327.7	6.4	0.70
Zircon-094	988	119	0.12	0.0785	0.0022	2.0050	0.0280	0.1841	0.0022	0.0571	0.0016	-0.08	1089.0	12.0	1116.8	9.6	1161.0	26.0	1161.0	26.0	2.49
Zircon-095	136.2	88.6	0.65	0.0753	0.0027	1.8710	0.0430	0.1779	0.0024	0.0546	0.0017	0.01	1055.0	13.0	1069.0	16.0	1104.0	36.0	1104.0	36	1.31
Zircon-096	419	309	0.74	0.0498	0.0022	0.2742	0.0094	0.0395	0.0006	0.0129	0.0004	0.10	249.9	3.5	245.6	7.5	249.0	44.0	249.9	4.4	-1.75
Zircon-097	49.5	38.1	0.77	0.0756	0.0041	1.8150	0.0750	0.1737	0.0031	0.0560	0.0021	-0.20	1032.0	17.0	1069.0	27.0	1101.0	67.0	1101.0	67	3.46
Zircon-098	216	187	0.87	0.0559	0.0023	0.4450	0.0150	0.0575	0.0009	0.0182	0.0005	0.04	360.5	5.2	375.0	10.0	447.0	48.0	360.5	5.2	3.87
Zircon-099	120.1	47.2	0.39	0.0528	0.0032	0.5010	0.0280	0.0684	0.0013	0.0196	0.0009	0.10	426.4	7.8	409.0	19.0	357.0	63.0	426.4	8	-4.25
Zircon-100	59.6	98.4	1.65	0.0520	0.0052	0.3360	0.0290	0.0486	0.0017	0.0151	0.0006	-0.24	306.0	10.0	298.0	21.0	525.0	97.0	306.0	10	-2.68
Muestra 14LP08, Miembro El Pilón (Fm. La Casta) - Coordenadas X 479281, Y 3195599, 13 R																					
Zircon-001	97.3	75.5	0.78	0.0532	0.0053	0.2500	0.0260	0.0341	0.0008	0.0109	0.0008	0.01	216.3	5.2	224.0	21.0	473.0	86.0	216.3	5.2	3.44
Zircon-002	320	314	0.98	0.0815	0.0030	2.2900	0.1200	0.2042	0.0038	0.0625	0.0032	0.40	1198.0	21.0	1212.0	40.0	1253.0	39.0	1253.0	39.0	1.16
Zircon-003	106.1	50.8	0.48	0.0858	0.0031	2.6600	0.1300	0.2247	0.0041	0.0691	0.0040	0.16	1307.0	22.0	1316.0	37.0	1354.0	41.0	1354.0	41.0	0.68
Zircon-004	459	240.6	0.52	0.0510	0.0022	0.2910	0.0160	0.0412	0.0007	0.0133	0.0008	0.11	260.0	4.4	260.0	12.0	234.0	52.0	260.0	4.4	0.00
Zircon-005	631	380	0.60	0.0533	0.0022	0.4170	0.0240	0.0571	0.0012	0.0180	0.0011	0.36	357.9	7.2	354.0	17.0	326.0	51.0	357.9	7.2	-1.10
Zircon-006	84.8	8.61	0.10	0.0545	0.0041	0.4710	0.0370	0.0630	0.0015	0.0201	0.0024	0.03	393.6	9.4	393.0	25.0	566.0	87.0	393.6	9.4	-1.15
Zircon-007	277.6	246.2	0.89	0.0501	0.0031	0.1850	0.0130	0.0272	0.0005	0.0089	0.0006	0.13	172.8	3.4	175.0	12.0	325.0	61.0	172.8	3.4	1.26
Zircon-008	178.9	42.5	0.24	0.0746	0.0027	1.8170	0.0900	0.1773	0.0032	0.0521	0.0032	0.20	1052.0	17.0	1053.0	34.0	1053.0	46.0	1053.0	46.0	0.09
Zircon-009	771	70.6	0.09	0.0583	0.0021	0.7120	0.0370	0.0880	0.0014	0.0226	0.0019	0.46	543.9	8.3	546.0	22.0	538.0	50.0	543.9	8.3	0.38
Zircon-010	128	54.4	0.43	0.0843	0.0032	2.6400	0.1400	0.2272	0.0039	0.0706	0.0040	0.20	1320.0	20.0	1313.0	38.0	1284.0	43.0	1284.0	43.0	-0.53
Zircon-011	175.7	85.4	0.49	0.0851	0.0028	2.6200	0.1300	0.2229	0.0036	0.0684	0.0038	0.28	1297.0	19.0	1305.0	36.0	1326.0	30.0	1326.0	30.0	0.61
Zircon-012	154.9	119.7	0.77	0.0491	0.0023	0.2760	0.0210	0.0399	0.0009	0.0121	0.0009	0.11	251.9	5.3	246.0	17.0	317.0	72.0	251.9	5.3	-2.40
Zircon-013	413	89.5	0.22	0.0783	0.0026	1.8680	0.0980	0.1724	0.0032	0.0296	0.0041	0.44	1025.0	18.0	1069.0	35.0	1148.0	44.0	1148.0	44.0	4.12
Zircon-014	171.7	74.4	0.43	0.0603	0.0026	0.8840	0.0490	0.1061	0.0019	0.0339	0.0020	-0.11	650.0	11.0	642.0	27.0	644.0	52.0	650.0	11.0	-1.25
Zircon-015	287	234.1	0.82	0.0565	0.0031	0.3060	0.0200	0.0395	0.0008	0.0135	0.0009	0.14	250.4	5.0	270.0	15.0	471.0	89.0	250.4	5.0	7.26
Zircon-016	182.4	137.8	0.76	0.0527	0.0028	1.8420	0.0940	0.1785	0.0033	0.0526	0.0035	0.17	1059.0	18.0	1059.0	34.0	1073.0	45.0	1073.0	45.0	0.00
Zircon-017	527	327	0.62	0.0554	0.0022	0.5170	0.0280	0.0684	0.0012	0.0213	0.0013	0.27	426.3	7.2	422.0	19.0	421.0	44.0	426.3	7.2	-1.02
Zircon-018	157.3	62.2	0.40	0.1202	0.0043	5.8400	0.2900	0.3537	0.0063	0.1008	0.0075	0.12	1952.0	30.0	1951.0	42.0	1966.0	31.0	1966.0	31.0	-0.05
Zircon-019	175.8	46.7	0.27	0.0708	0.0025	1.5000	0.0750	0.1549	0.0028	0.0559	0.0035	0.12	928.0	15.0	929.0	30.0	962.0	41.0	928.0	15.0	0.11
Zircon-020	62	23.8	0.38	0.0764	0.0033	1.9800	0.1100	0.1869	0.0037	0.0548	0.0040	0.13	1104.0	20.0	1106.0	37.0	1125.0	48.0	1125.0	48.0	0.18
Zircon-021	157.7	75.8	0.48	0.1599	0.0048	10.1700	0.4800	0.4628	0.0077	0.1265	0.0077	0.53	2451.0	34.0	2452.0	43.0	2462.0	35.0	2462.0	35.0	0.04
Zircon-022	63.4	160.4	2.53	0.0907	0.0038	3.2000	0.1700	0.2561	0.0050	0.0788	0.0042	-0.02	1469.0	25.0	1456.0	41.0	1454.0	44.0	1454.0	44.0	-0.89
Zircon-023	196	50.7	0.26	0.0757	0.0028	1.5540	0.0790	0.1517	0.0029	0.0490	0.0033	0.18	910.0	16.0	951.0	32.0	1089.0	42.0	910.0	16.0	4.31
Zircon-024	230	124.3	0.54	0.0525	0.0034	0.2660	0.0190	0.0374	0.0008	0.0118	0.0008	0.06	236.9	5.1	240.0	15.0	335.0	51.0	236.9	5.1	1.29
Zircon-025	101.4	72.6	0.72	0.0558	0.0064	0.3290	0.0360	0.0425	0.0017	0.0123	0.0014	-0.10	268.0	10.0	287.0	28.0	570.0	120.0	268.0	10.0	6.62
Zircon-026	17.17	17.83	1.04	0.0771	0.0066	1.8000	0.1600	0.1724	0.0060	0.0540	0.0039	0.10	1024.0	33.0	1054.0	58.0	1163.0	91.0	1163.0	91.0	2.85
Zircon-027	219	118.2	0.54	0.0604	0.0024	0.8530	0.0470	0.1024	0.0019	0.0324	0.0019	0.18	628.0	11.0	625.0	25.0	645.0	71.0	628.0	11.0	-0.74
Zircon-028	106.6	92.2	0.86	0.0642	0.0036	0.9630	0.0630	0.1108	0.0023	0.0331	0.0020	0.08	677.0	13.0	689.0	33.0	738.0	79.0	677.0	13.0	1.48
Zircon-029	48.7	54	1.11	0.1057	0.0049	3.9500	0.2500	0.2740	0.0068	0.0694	0.0050	0.52	1561.0	34.0	1619.0	51.0	1731.0	49.0	1731.0	49.0	3

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS										CORRECTED AGES (Ma)											
	U		Th		207Pb/206Pb		±2s abs		±2s abs		±2s abs		206Pb/238U		±2s abs		±2s abs		±2s abs		Rho	
	(ppm)	(ppm)	Th/U	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	±2s abs	
Zircon-081	136	52.1	0.38	0.0571	0.0028	0.5950	0.0350	0.0743	0.0015	0.0231	0.0015	-0.08	462.0	9.0	475.0	23.0	493.0	59.0	462.0	9.0	2.74	
Zircon-082	65	35.5	0.55	0.0712	0.0037	1.6900	0.1000	0.1714	0.0033	0.0526	0.0033	0.12	1020.0	18.0	1003.0	38.0	973.0	55.0	1020.0	18.0	-1.69	
Zircon-083	116.3	180	1.55	0.0890	0.0034	3.0500	0.1600	0.2458	0.0047	0.0710	0.0043	0.15	1417.0	24.0	1411.0	40.0	1408.0	47.0	1400.0	47.0	0.07	
Zircon-084	175.8	56.2	0.32	0.0613	0.0026	0.9460	0.0510	0.1105	0.0020	0.0329	0.0021	-0.04	676.0	11.0	675.0	26.0	643.0	51.0	676.0	11.0	-0.15	
Zircon-085	193.2	133	0.69	0.0999	0.0034	3.7100	0.1800	0.2675	0.0045	0.0791	0.0041	0.24	1528.0	23.0	1572.0	39.0	1614.0	35.0	1614.0	35.0	2.80	
Zircon-086	54.8	44.4	0.81	0.0669	0.0048	1.0990	0.0960	0.1196	0.0031	0.0349	0.0027	0.21	728.0	18.0	755.0	45.0	801.0	80.0	728.0	18.0	3.58	
Zircon-087	378	84	0.22	0.0776	0.0025	1.9800	0.1000	0.1826	0.0029	0.0411	0.0034	0.53	1081.0	16.0	1107.0	34.0	1133.0	41.0	1133.0	41.0	2.35	
Zircon-088	381	267.5	0.70	0.0517	0.0020	0.3420	0.0190	0.0472	0.0009	0.0146	0.0008	0.30	297.2	5.4	299.0	14.0	302.0	50.0	297.2	5.4	0.60	
Zircon-089	96.7	62.2	0.64	0.0574	0.0029	0.6810	0.0420	0.0859	0.0017	0.0251	0.0016	0.16	531.0	10.0	528.0	25.0	517.0	50.0	531.0	10.0	-0.57	
Zircon-090	32.6	20.7	0.63	0.0557	0.0028	0.5610	0.0570	0.0744	0.0024	0.0212	0.0020	-0.15	462.0	15.0	454.0	37.0	511.0	89.0	462.0	15.0	-1.76	
Zircon-091	361.3	876	2.42	0.0529	0.0025	0.3470	0.0210	0.0479	0.0008	0.0149	0.0008	-0.01	301.6	5.2	302.0	16.0	279.0	55.0	301.6	5.2	0.13	
Zircon-092	235.6	131.8	0.56	0.0500	0.0026	0.2800	0.0170	0.0399	0.0009	0.0124	0.0007	-0.12	252.5	5.4	251.0	13.0	266.0	60.0	252.5	5.4	-0.60	
Zircon-093	531	619	1.17	0.0515	0.0023	0.2660	0.0150	0.0372	0.0007	0.0115	0.0006	-0.05	235.4	4.1	240.0	12.0	267.0	50.0	235.4	4.1	1.92	
Zircon-094	273.4	96.2	0.35	0.0837	0.0028	2.4700	0.1200	0.2148	0.0040	0.0703	0.0042	0.55	1254.0	21.0	1265.0	35.0	1288.0	32.0	1288.0	32.0	0.87	
Zircon-095	54.1	28.7	0.53	0.0711	0.0039	1.5800	0.1000	0.1623	0.0030	0.0513	0.0036	0.20	970.0	17.0	959.0	43.0	978.0	72.0	970.0	17.0	-1.15	
Zircon-096	74	56.8	0.77	0.0585	0.0035	0.8640	0.0610	0.1055	0.0025	0.0331	0.0020	0.06	647.0	14.0	628.0	33.0	534.0	86.0	647.0	14.0	-3.03	
Zircon-097	145.1	43.4	0.30	0.0728	0.0026	1.6720	0.0840	0.1671	0.0029	0.0465	0.0032	0.19	996.0	16.0	999.0	33.0	1000.0	44.0	996.0	16.0	0.30	
Zircon-098	164.1	93	0.57	0.0500	0.0033	0.2750	0.0210	0.0391	0.0008	0.0128	0.0009	0.17	247.3	5.2	247.0	16.0	310.0	59.0	247.3	5.2	-0.12	
Zircon-099	54.4	49.9	0.92	0.0567	0.0043	0.5320	0.0420	0.0697	0.0019	0.0222	0.0015	0.01	434.0	12.0	430.0	28.0	481.0	85.0	434.0	12.0	-0.93	
Zircon-100	89.4	47.8	0.53	0.0533	0.0045	0.2480	0.0220	0.0340	0.0011	0.0109	0.0009	0.13	215.4	7.0	223.0	18.0	522.0	86.0	215.4	7.0	3.41	
Muestra 14LP12, Miembro La Parrita (Fm. La Caitila) - Coordenadas X 479236, Y 3195568, 13 R																						
Zircon-001	96	28.5	0.30	0.0726	0.0031	1.6270	0.0590	0.1620	0.0038	0.0495	0.0021	0.15	968.0	21.0	978.0	23.0	1018.0	47.0	968.0	21.0	1.02	
Zircon-002	159.2	152.5	0.96	0.0559	0.0030	0.5290	0.0250	0.0685	0.0016	0.0216	0.0007	-0.12	426.8	9.6	429.0	17.0	435.0	76.0	426.8	9.6	0.51	
Zircon-003	255.8	104.4	0.41	0.0504	0.0031	0.1760	0.0100	0.0253	0.0008	0.0076	0.0004	0.00	160.9	4.9	164.3	8.7	271.0	72.0	160.9	4.9	2.07	
Zircon-004	204.2	176.4	0.86	0.0608	0.0039	0.2960	0.0200	0.0352	0.0013	0.0087	0.0005	0.06	223.0	7.9	262.0	15.0	625.0	85.0	223.0	7.9	14.89	
Zircon-005	66.2	34.32	0.52	0.0563	0.0046	0.5810	0.0440	0.0748	0.0019	0.0234	0.0013	0.03	465.0	12.0	459.0	28.0	533.0	79.0	465.0	12.0	-1.31	
Zircon-006	463	203	0.44	0.0788	0.0024	2.1580	0.0530	0.1978	0.0040	0.0586	0.0012	0.36	1163.0	22.0	1167.0	17.0	1166.0	34.0	1166.0	34.0	0.34	
Zircon-007	526	55.3	0.11	0.0554	0.0020	0.5230	0.0170	0.0687	0.0015	0.0223	0.0010	0.21	428.1	9.0	427.0	11.0	412.0	34.0	428.1	9.0	-0.26	
Zircon-008	44	3.32	0.08	0.0547	0.0053	0.5390	0.0540	0.0703	0.0024	0.0203	0.0049	0.13	438.0	14.0	430.0	36.0	570.0	110.0	438.0	14.0	-1.86	
Zircon-009	161.3	124.9	0.77	0.0592	0.0028	0.7880	0.0330	0.0965	0.0022	0.0292	0.0009	0.03	594.0	13.0	588.0	19.0	568.0	60.0	594.0	13.0	-1.02	
Zircon-010	520	177.3	0.34	0.0788	0.0023	2.1590	0.0550	0.1977	0.0041	0.0517	0.0013	0.52	1163.0	22.0	1167.0	18.0	1167.0	37.0	1167.0	37.0	0.34	
Zircon-011	97.8	26.19	0.27	0.0799	0.0032	2.1710	0.0780	0.1973	0.0041	0.0573	0.0024	0.23	1161.0	22.0	1169.0	25.0	1189.0	51.0	1189.0	51.0	0.68	
Zircon-012	366	39.8	0.11	0.0858	0.0026	2.7510	0.0690	0.2329	0.0047	0.0796	0.0030	0.38	1349.0	25.0	1341.0	18.0	1331.0	39.0	1331.0	39.0	-0.60	
Zircon-013	424	95.4	2.25	0.0548	0.0021	0.4720	0.0160	0.0626	0.0013	0.0191	0.0004	0.09	391.5	7.7	392.0	11.0	392.0	51.0	391.5	7.7	0.13	
Zircon-014	70.7	26.87	0.38	0.0501	0.0071	0.2150	0.0290	0.0317	0.0010	0.0098	0.0009	-0.18	201.0	6.5	193.0	24.0	530.0	110.0	201.0	6.5	-4.15	
Zircon-015	50.6	19.07	0.38	0.0672	0.0038	1.2920	0.0630	0.1310	0.0032	0.0499	0.0023	0.09	793.0	19.0	801.0	30.0	837.0	76.0	793.0	19.0	1.00	
Zircon-016	197.5	220	1.17	0.0712	0.0025	1.5240	0.0420	0.1558	0.0031	0.0464	0.0010	0.02	934.0	18.0	939.0	17.0	967.0	45.0	934.0	18.0	0.50	
Zircon-017	185.8	118.5	0.64	0.0530	0.0033	0.2980	0.0190	0.0403	0.0011	0.0125	0.0005	0.21	254.6	6.6	263.0	15.0	419.0	69.0	254.6	6.6	3.19	
Zircon-018	88.4	38.3	0.43	0.0781	0.0032	2.1880	0.0760	0.2037	0.0044	0.0608	0.0021	0.21	1195.0	24.0	1174.0	26.0	1144.0	44.0	1144.0	44.0	-1.79	
Zircon-019	280.6	212.5	0.76	0.0489	0.0027	0.1793	0.0094	0.0267	0.0007	0.0084	0.0003	0.19	170.0	4.3	167.1	8.1	274.0	60.0	170.0	4.3	-1.74	
Zircon-020	168.1	186	1.11	0.0543	0.0027	0.4960	0.0350	0.0668	0.0042	0.0199	0.0012	0.17	417.0	26.0	407.0	26.0	387.0	65.0	417.0	26.0	-2.46	
Zircon-021	44	13.11	0.30	0.0707	0.0036	1.4930	0.0730	0.1533	0.0046	0.0468	0.0030	0.48	919.0	26.0	921.0	30.0	938.0	62.0	919.0	26.0	0.22	
Zircon-022	52.7	23	0.44	0.0789	0.0039	2.1090	0.0840	0.1983	0.0048	0.0580	0.0024	-0.01	1166.0	26.0	1154.0	30.0	1165.0	66.0	1165.0	66.0	-1.04	
Zircon-023	835	507	0.61	0.0512	0.0020	0.2541	0.0082	0.0362	0.0007	0.0113	0.0003	-0.10	229.4	4.5	229.7	6.7	265.0	47.0	229.4	4.5	0.13	
Zircon-024	215.5	74.2	0.34	0.0793	0.0026	2.0840	0.0600	0.1913	0.0040	0.0580	0.0016	0.33	1128.0	21.0	1142.0	20.0	1179.0	35.0	1179.0	35.0	1.23	
Zircon-025	226.8	129.1	0.57	0.0522	0.0031	0.3200	0.0180	0.0448	0.0011	0.0145	0.0007	0.01	282.5	6.6	281.0	14.0	370.0	61.0	282.5	6.6	-0.53	
Zircon-026	428	62.3	0.01	0.0755	0.0026	1.9360	0.0890	0.1884	0.0056	0.0574	0.0043	0.19	1113.0	30.0	1093.0	28.0	1078.0	48.0	1078.0	48.0	-1.83	
Zircon-027	464	396	0.85	0.0514	0.0022	0.2690	0.0110	0.0382	0.0008	0.0117	0.0003	0.32	241.5	5.1	241.2	8.6	285.0	45.0	241.5	5.1	-0.12	
Zircon-028	812	559	0.69	0.0513	0.0020	0.2757	0.0093	0.0393	0.0008	0.0127	0.0003											

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS											CORRECTED AGES (Ma)									
	U	Th	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	207Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	208Pb/232Th	±2s abs	Rho	206Pb/238U	±2s	207Pb/235U	±2s	207Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
	(ppm)	(ppm)		6Pb		5U		8U		2Th			38U		35U		06Pb				
Zircon-089	64.7	48.1	0.67	0.0688	0.02	0.34	0.15	0.0354	0.0023	0.0192	0.0057	0.30369	224	34	291	81	930	240	224	34	23.02
Zircon-090	57.5	30.4	0.53	0.06	0.021	0.29	0.12	0.0343	0.0018	0.0116	0.0031	0.00812	217	11	253	68	650	260	217	11	14.23
Zircon-091	44.7	19.44	0.43	0.0579	0.007	0.254	0.032	0.0339	0.0016	0.0121	0.0011	-0.0812	215	9.7	233	26	770	120	215	9.7	7.73
Zircon-092	189.8	109.2	0.58	0.0524	0.0332	0.245	0.014	0.0336	0.0011	0.01066	0.00056	-0.1198	214.4	6.6	221	12	365	75	214.4	6.6	2.99
Zircon-093	152.4	61.6	0.40	0.0741	0.0019	1.757	0.053	0.1708	0.0048	0.0524	0.0021	0.0499	1017	26	1028	19	1037	37	1037	37	1.07
Zircon-094	336	232	0.69	0.0499	0.0026	0.24	0.013	0.0347	0.0001	0.01077	0.00046	0.01157	220.1	6.5	218	10	289	45	220.1	6.5	-0.96
Zircon-095	86.7	350	4.04	0.0577	0.0036	0.538	0.033	0.0675	0.0022	0.02146	0.00079	0.08226	421	13	434	22	557	85	421	13	3.00
Zircon-096	178.4	71.9	0.40	0.0533	0.004	0.204	0.015	0.02787	0.0009	0.00895	0.00058	-0.181	177.2	5.6	187	12	441	76	177.2	5.6	5.24
Zircon-097	153.3	50.3	0.33	0.0793	0.002	2.352	0.069	0.2148	0.006	0.0644	0.0027	0.0894	1254	32	1226	21	1175	31	1175	31	-2.28
Zircon-098	55.7	0.69	0.01	0.0593	0.0046	0.803	0.063	0.0986	0.0035	-0.006	0.024	0.15272	606	20	590	35	592	89	606	20	-2.71
Zircon-099	198.5	127.8	0.64	0.0518	0.0034	0.234	0.015	0.033	0.001	0.01008	0.00047	-0.1268	209	6.4	212	12	407	62	209	6.4	1.42
Zircon-100	38.6	28	0.73	0.0815	0.0052	1.95	0.13	0.1741	0.006	0.0536	0.0032	-0.0066	1034	33	1088	43	1199	81	1034	33	4.96
Muestra 14LP18, Miembro La Parrita (Fm. La Casita) - Coordenadas X 479068, Y 3195262, 13 R																					
Zircon-001	25.5	17.52	0.69	0.0550	0.0140	0.2760	0.0670	0.0372	0.0029	0.0141	0.0021	-0.25	235.0	18.0	239.0	53.0	650.0	230.0	235.0	18.0	1.67
Zircon-002	54.9	15.1	0.28	0.0917	0.0051	1.6130	0.0990	0.1267	0.0029	0.0583	0.0063	-0.03	7690	170	9690	390	14940	730	14940	730	20.64
Zircon-003	204.9	72.4	0.35	0.0743	0.0020	1.8180	0.0730	0.1787	0.0028	0.0531	0.0020	0.22	1060.0	15.0	1051.0	26.0	1048.0	37.0	1048.0	37.0	-0.86
Zircon-004	296	301	1.02	0.0510	0.0030	0.2320	0.0140	0.0330	0.0007	0.0102	0.0004	-0.08	210.1	4.3	212.0	12.0	301.0	58.0	210.1	4.3	0.90
Zircon-005	642	44.4	0.07	0.0614	0.0018	0.8900	0.0370	0.1059	0.0018	0.0338	0.0020	0.01	649.0	10.0	646.0	20.0	643.0	47.0	649.0	10.0	-0.46
Zircon-006	34.6	87.7	2.53	0.0699	0.0052	0.8930	0.0720	0.0907	0.0028	0.0294	0.0015	0.20	559.0	17.0	643.0	38.0	921.0	83.0	559.0	17.0	13.06
Zircon-007	108.6	55.2	0.51	0.1863	0.0049	13.7800	0.5400	0.5331	0.0088	0.1488	0.0062	0.13	2754.0	37.0	2737.0	39.0	2710.0	30.0	2710.0	30.0	-0.62
Zircon-008	265.3	22.2	0.84	0.1010	0.0029	3.9100	0.1600	0.2867	0.0055	0.0829	0.0031	0.34	1625.0	27.0	1619.0	25.0	1628.0	36.0	1628.0	36.0	-0.37
Zircon-009	99.5	22.49	0.23	0.0780	0.0028	1.9600	0.0920	0.1837	0.0033	0.0586	0.0029	0.19	1087.0	18.0	1100.0	31.0	1110.0	33.0	1087.0	18.0	1.18
Zircon-010	216.7	85.3	0.39	0.0926	0.0024	3.2400	0.1300	0.2541	0.0040	0.0773	0.0029	0.37	1459.0	21.0	1466.0	31.0	1479.0	25.0	1479.0	25.0	0.48
Zircon-011	144.5	60.4	0.42	0.0613	0.0034	0.8590	0.0550	0.1020	0.0025	0.0347	0.0021	0.38	626.0	14.0	627.0	30.0	649.0	73.0	626.0	14.0	0.16
Zircon-012	250	153	0.61	0.0495	0.0024	0.2410	0.0140	0.0353	0.0007	0.0126	0.0006	0.24	223.9	4.5	219.0	11.0	296.0	60.0	223.9	4.5	-2.24
Zircon-013	194	177	0.91	0.0517	0.0031	0.2750	0.0200	0.0392	0.0010	0.0139	0.0007	0.20	247.8	6.1	248.0	15.0	330.0	64.0	247.8	6.1	0.08
Zircon-014	103.5	51.7	0.50	0.0589	0.0028	0.7060	0.0400	0.0877	0.0017	0.0263	0.0014	0.28	541.6	9.8	543.0	25.0	583.0	71.0	541.6	9.8	0.26
Zircon-015	84.8	59.3	0.70	0.0537	0.0064	0.2540	0.0290	0.0335	0.0010	0.0104	0.0009	0.05	212.3	6.5	227.0	23.0	580.0	110.0	212.3	6.5	6.48
Zircon-016	36.9	21.06	0.57	0.0611	0.0045	0.8330	0.0650	0.1020	0.0026	0.0338	0.0017	0.12	626.0	15.0	613.0	37.0	693.0	88.0	626.0	15.0	-2.12
Zircon-017	30.15	10.48	0.35	0.0530	0.0100	0.2520	0.0440	0.0346	0.0016	0.0134	0.0017	-0.23	219.0	10.0	228.0	37.0	820.0	250.0	219.0	10.0	3.95
Zircon-018	270.8	154.8	0.57	0.0748	0.0023	1.7050	0.0720	0.1670	0.0028	0.0511	0.0019	0.27	995.0	15.0	1011.0	28.0	1065.0	31.0	1065.0	31.0	1.58
Zircon-019	161.3	174.4	1.08	0.1955	0.0047	14.5800	0.5600	0.5430	0.0087	0.1497	0.0052	0.36	2795.0	36.0	2788.0	36.0	2790.0	16.0	2790.0	16.0	-0.25
Zircon-020	171.3	59.5	0.35	0.0706	0.0031	1.4190	0.0740	0.1482	0.0028	0.0444	0.0021	0.10	893.0	16.0	898.0	32.0	937.0	48.0	893.0	16.0	0.56
Zircon-021	135	42.5	0.31	0.0776	0.0025	2.2100	0.1000	0.2051	0.0035	0.0629	0.0028	0.21	1205.0	20.0	1181.0	32.0	1128.0	27.0	1128.0	27.0	-2.03
Zircon-022	60.3	34.9	0.58	0.0596	0.0053	0.2390	0.0270	0.0338	0.0012	0.0112	0.0011	0.16	214.5	7.8	218.0	23.0	468.0	88.0	214.5	7.8	1.61
Zircon-023	234.4	53.7	0.23	0.0924	0.0031	1.8790	0.0870	0.1479	0.0026	0.0355	0.0027	0.38	889.0	14.0	1072.0	31.0	1486.0	40.0	1486.0	40.0	17.07
Zircon-024	102.8	52.8	0.59	0.0528	0.0058	0.2460	0.0270	0.0350	0.0012	0.0105	0.0009	-0.08	221.7	7.2	224.0	11.0	540.0	110.0	221.7	7.2	1.03
Zircon-025	256.1	176.4	0.69	0.0489	0.0027	0.2310	0.0140	0.0336	0.0007	0.0105	0.0005	0.06	212.7	4.6	211.0	11.0	287.0	55.0	212.7	4.6	-0.81
Zircon-026	63	64.3	1.02	0.0752	0.0026	1.8200	0.1000	0.1766	0.0035	0.0505	0.0021	0.13	1048.0	19.0	1051.0	37.0	1093.0	52.0	1093.0	52.0	0.29
Zircon-027	194	163.8	0.84	0.0511	0.0031	0.2360	0.0150	0.0334	0.0008	0.0105	0.0005	0.15	211.7	5.1	216.0	12.0	306.0	64.0	211.7	5.1	1.99
Zircon-028	296	215.2	0.73	0.0814	0.0025	2.2770	0.0950	0.2046	0.0034	0.0577	0.0021	-0.01	1200.0	18.0	1207.0	31.0	1252.0	35.0	1252.0	35.0	0.58
Zircon-029	40.9	25.7	0.63	0.0495	0.0073	0.2240	0.0320	0.0325	0.0012	0.0114	0.0012	-0.03	205.9	7.5	202.0	26.0	630.0	160.0	205.9	7.5	-1.93
Zircon-030	123.1	153	1.24	0.1350	0.0050	7.1900	0.3400	0.3917	0.0092	0.1166	0.0051	0.31	2130.0	42.0	2150.0	42.0	2181.0	61.0	2181.0	61.0	0.93
Zircon-031	105.1	94.4	0.90	0.0727	0.0028	1.7470	0.0860	0.1723	0.0030	0.0536	0.0021	0.26	1025.0	17.0	1024.0	32.0	1046.0	46.0	1046.0	46.0	-0.10
Zircon-032	216.4	53.8	0.25	0.0741	0.0025	1.7440	0.0790	0.1709	0.0030	0.0528	0.0025	0.06	1017.0	16.0	1026.0	28.0	1059.0	39.0	1059.0	39.0	0.88
Zircon-033	109.9	105.9	0.96	0.0550	0.0053	0.2410	0.0240	0.0313	0.0008	0.0103	0.0006	0.07	198.4	4.8	217.0	20.0	556.0	92.0	198.4	4.8	8.57
Zircon-034	470	339	0.72	0.0794	0.0024	2.1590	0.0830	0.1986	0.0030	0.0593	0.0023	0.21	1168.0	16.0	1167.0	27.0	1185.0	24.0	1185.0	24.0	-0.09
Zircon-035	301	194.4	0.65	0.0490	0.0024	0.2380	0.0140	0.0347	0.0006	0.0114	0.0005	0.02	219.6	4.0	216.0	11.0	284.0	60.0	219.6	4.0	-1.67
Zircon-036	1016	1015	0.10	0.0589	0.0022	0.6750	0.0310	0.0828	0.0014	0.0193	0.0013	0.21	513.0	8.2	523.0	19.0	562.0	40.0	513.0	8.	

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circon (continución)

	CORRECTED RATIOS											CORRECTED AGES (Ma)																										
	U			Th			207Pb/206Pb		±2s abs		207Pb/235U		±2s abs		206Pb/238U		±2s abs		208Pb/232Th		±2s abs		Rho		206Pb/238U		±2s		207Pb/235U		±2s		Best age (Ma)		±2s		Disc %	
	(ppm)	(ppm)	Th/U	6Pb	±2s abs	5U	±2s abs	8U	±2s abs	2Th	±2s abs	38U	±2s	35U	±2s	06Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %																		
Zircon-093	223.5	72.8	0.35	0.0878	0.0023	2.9000	0.1100	0.2400	0.0039	0.0719	0.0029	0.17	1387.0	20.0	1382.0	30.0	1377.0	27.0	1377.0	27.0	0.94																	
Zircon-094	382	13.45	0.04	0.0542	0.0017	0.4840	0.0210	0.0650	0.0011	0.0228	0.0018	0.06	405.7	6.4	401.0	15.0	399.0	49.0	405.7	6.4	-1.17																	
Zircon-095	70.9	42.5	0.60	0.0548	0.0060	0.2600	0.0310	0.0345	0.0015	0.0105	0.0009	-0.08	218.4	9.3	233.0	25.0	460.0	110.0	218.4	9.3	6.27																	
Zircon-096	92.2	40.9	0.44	0.0555	0.0039	0.4820	0.0360	0.0641	0.0014	0.0206	0.0012	0.00	400.2	8.5	400.0	24.0	527.0	64.0	400.2	8.5	-0.05																	
Zircon-097	145.7	14.5	0.10	0.0802	0.0024	2.1720	0.0910	0.1988	0.0034	0.0688	0.0049	0.40	1169.0	18.0	1171.0	29.0	1185.0	32.0	1185.0	32.0	0.17																	
Zircon-098	290.6	171.5	0.59	0.0595	0.0029	0.7480	0.0410	0.0919	0.0116	0.0299	0.0015	0.08	567.0	9.5	566.0	24.0	628.0	61.0	567.0	10	-0.18																	
Zircon-099	88.8	25.95	0.29	0.0691	0.0029	1.5360	0.0790	0.1615	0.0030	0.0475	0.0024	0.05	965.0	17.0	945.0	31.0	924.0	54.0	965.0	17	-2.12																	
Zircon-100	162.2	63.7	0.39	0.0921	0.0025	3.2400	0.1300	0.2555	0.0043	0.0725	0.0029	0.19	1467.0	22.0	1465.0	31.0	1456.0	38.0	1456.0	38	-0.14																	
Muestra 14LP20, Miembr																																						
Zircon-001	261	156.5	0.60	0.0499	0.0026	0.2400	0.0110	0.0346	0.0006	0.0109	0.0004	0.02	219.5	3.8	219.3	9.4	258.0	59.0	219.5	3.8	0.14																	
Zircon-002	407	333	0.82	0.0498	0.0032	0.1790	0.0100	0.0259	0.0005	0.0085	0.0002	0.02	164.9	3.3	166.8	9.0	295.0	68.0	164.9	3.3	-0.09																	
Zircon-003	95.8	67.6	0.71	0.0501	0.0044	0.2330	0.0200	0.0336	0.0009	0.0105	0.0004	0.27	212.7	5.9	211.0	17.0	398.0	74.0	212.7	5.9	0.00																	
Zircon-004	45.9	19.3	0.42	0.0524	0.0076	0.2550	0.0330	0.0345	0.0011	0.0128	0.0016	-0.11	218.8	6.8	232.0	27.0	690.0	170.0	218.8	6.8	0.29																	
Zircon-005	237	68.2	0.29	0.0769	0.0032	0.2050	0.0790	0.1938	0.0029	0.0574	0.0015	0.19	1142.0	16.0	1133.0	25.0	1118.0	38.0	1118.0	38.0	-2.72																	
Zircon-006	37	17.23	0.47	0.0868	0.0055	2.7200	0.1500	0.2277	0.0046	0.0652	0.0028	-0.15	1322.0	24.0	1333.0	40.0	1375.0	61.0	1375.0	61.0	11.97																	
Zircon-007	72.1	36.2	0.50	0.0651	0.0045	1.1640	0.0760	0.1293	0.0030	0.0404	0.0020	-0.07	784.0	17.0	778.0	35.0	744.0	65.0	784.0	17.0	0.07																	
Zircon-008	479	81.5	0.17	0.0774	0.0033	2.1260	0.0760	0.1993	0.0035	0.0596	0.0021	0.40	1172.0	19.0	1157.0	25.0	1128.0	50.0	1128.0	50.0	0.62																	
Zircon-009	179	31.2	0.17	0.0576	0.0031	0.7140	0.0360	0.0898	0.0017	0.0260	0.0016	0.17	555.0	10.0	545.0	21.0	505.0	68.0	555.0	10.0	-0.32																	
Zircon-010	260	230.3	0.89	0.0566	0.0034	0.2890	0.0190	0.0461	0.0007	0.0124	0.0004	-0.04	251.3	4.3	252.0	15.0	290.0	52.0	251.3	4.3	-6.81																	
Zircon-011	85.3	32.6	0.38	0.0688	0.0038	0.4500	0.0660	0.1524	0.0027	0.0443	0.0017	0.06	914.0	15.0	914.0	28.0	903.0	62.0	914.0	15.0	0.69																	
Zircon-012	83.6	65.1	0.78	0.0911	0.0043	3.0900	0.1200	0.2445	0.0054	0.0734	0.0017	0.50	1410.0	28.0	1430.0	31.0	1453.0	48.0	1453.0	48.0	-1.36																	
Zircon-013	65.2	34.7	0.53	0.0479	0.0052	0.2440	0.0260	0.0360	0.0012	0.0114	0.0009	0.07	227.9	7.5	219.0	21.0	570.0	100.0	227.9	7.5	-0.79																	
Zircon-014	103.8	98.4	0.95	0.1142	0.0048	5.2800	0.2000	0.3342	0.0054	0.0984	0.0018	-0.05	1861.0	27.0	1864.0	32.0	1870.0	47.0	1870.0	47.0	-2.23																	
Zircon-015	241.8	126.9	0.52	0.0520	0.0037	0.2370	0.0150	0.0331	0.0008	0.0099	0.0004	-0.07	209.6	5.2	215.0	12.0	374.0	87.0	209.6	5.2	0.83																	
Zircon-016	249.3	63.8	0.26	0.0904	0.0037	3.1300	0.1100	0.2510	0.0037	0.0751	0.0016	0.12	1444.0	19.0	1440.0	27.0	1445.0	44.0	1445.0	44.0	-0.88																	
Zircon-017	66.5	40.3	0.61	0.0545	0.0073	0.2520	0.0310	0.0327	0.0012	0.0116	0.0010	0.02	207.4	7.2	225.0	26.0	650.0	140.0	207.4	7.2	-0.79																	
Zircon-018	65.5	35.9	0.55	0.0510	0.0058	0.2500	0.0240	0.0355	0.0012	0.0113	0.0009	-0.04	225.1	7.3	224.0	20.0	650.0	150.0	225.1	7.3	3.33																	
Zircon-019	149.4	35.7	0.24	0.0753	0.0035	1.9490	0.0820	0.1869	0.0035	0.0750	0.0020	0.28	1104.0	19.0	1096.0	27.0	1084.0	52.0	1084.0	52.0	0.84																	
Zircon-020	267.3	46.7	0.17	0.0652	0.0030	0.4920	0.0250	0.0643	0.0011	0.0197	0.0012	-0.19	401.5	6.4	405.0	17.0	403.0	54.0	401.5	6.4	44.51																	
Zircon-021	229.4	434	1.89	0.0601	0.0029	0.7200	0.0290	0.0869	0.0015	0.0277	0.0005	0.18	537.0	9.1	549.0	17.0	600.0	63.0	537.0	9.1	-0.66																	
Zircon-022	121.7	47.8	0.39	0.0724	0.0035	1.7400	0.0860	0.1744	0.0034	0.0532	0.0017	0.30	1036.0	18.0	1021.0	30.0	975.0	47.0	975.0	47.0	-4.10																	
Zircon-023	160	91.7	0.57	0.0830	0.0043	2.4000	0.1200	0.2102	0.0037	0.0670	0.0026	0.66	1230.0	20.0	1239.0	34.0	1249.0	66.0	1249.0	66.0	9.37																	
Zircon-024	70.4	51.7	0.73	0.0606	0.0078	0.2870	0.0330	0.0347	0.0011	0.0125	0.0009	0.17	220.0	7.1	252.0	26.0	640.0	140.0	220.0	7.1	3.17																	
Zircon-025	55	36	0.65	0.0504	0.0056	0.2250	0.0250	0.0327	0.0013	0.0109	0.0009	0.13	207.2	8.2	204.0	21.0	510.0	100.0	207.2	8.2	5.69																	
Zircon-026	127.4	75	0.59	0.0548	0.0035	0.4560	0.0270	0.0604	0.0013	0.0199	0.0007	0.13	377.9	7.7	379.0	19.0	474.0	71.0	377.9	7.7	0.14																	
Zircon-027	192	87.9	0.46	0.0744	0.0043	1.8920	0.0640	0.1828	0.0021	0.0544	0.0012	0.26	3488.0	37.0	3478.0	24.0	3462.0	58.0	3478.0	37.0	39.71																	
Zircon-028	91	51.7	0.57	0.0901	0.0042	2.9700	0.1300	0.2423	0.0044	0.0718	0.0024	0.30	1399.0	23.0	1401.0	33.0	1433.0	46.0	1433.0	46.0	1.67																	
Zircon-029	224	80.1	0.36	0.1895	0.0074	13.8400	0.4300	0.5153	0.0082	0.1408	0.0034	0.50	2679.0	35.0	2710.0	31.0	2735.0	35.0	2735.0	35.0	0.72																	
Zircon-030	38.61	35.89	0.93	0.0756	0.0047	1.7200	0.0920	0.1640	0.0038	0.0486	0.0014	0.24	978.0	21.0	1010.0	38.0	1086.0	80.0	1086.0	80.0	-0.80																	
Zircon-031	383	258.6	0.68	0.0505	0.0028	0.2380	0.0120	0.0335	0.0007	0.0106	0.0003	0.19	212.1	4.1	217.0	10.0	286.0	58.0	212.1	4.1	-1.30																	
Zircon-032	107.3	50.7	0.47	0.0707	0.0036	1.6530	0.0850	0.1695	0.0035	0.0510	0.0021	0.23	1009.0	19.0	988.0	32.0	957.0	55.0	1009.0	19.0	-0.19																	
Zircon-033	68.9	33.2	0.48	0.0539	0.0068	0.2500	0.0310	0.0339	0.0011	0.0115	0.0008	0.01	214.6	6.9	222.0	25.0	690.0	120.0	214.6	6.9	2.51																	
Zircon-034	250.1	144.5	0.58	0.0561	0.0027	0.5820	0.0230	0.0756	0.0013	0.0231	0.0006	0.18	469.7	8.1	466.0	16.0	453.0	70.0	469.7	8.1	-3.02																	
Zircon-035	162.5	121.1	0.75	0.0515	0.0037	0.2460	0.0190	0.0345	0.0007	0.0113	0.0005	0.24	218.8	4.5	222.0	15.0	404.0	81.0	218.8	4.5	-0.74																	
Zircon-036	139.6	157.4	1.13	0.0591	0.0029	0.8090	0.0370	0.0993	0.0019	0.0310	0.0008	0.24	612.0	11.0	602.0	20.0	570.0	57.0	612.0	11.0	-1.54																	
Zircon-037	144.9	99	0.68	0.0475	0.0039	0.2240	0.0150	0.0344	0.0010	0.0107	0.0006	0.03	218.1	6.3	204.0	13.0	277.0	71.0	218.1	6.3	-1.47																	
Zircon-038	110.2	52.9	0.48	0.0807	0.0038	2.2890	0.0980	0.2050	0.0036	0.0629	0.0015	0.07	1202.0	19.0	1210.0	30.0	1210.0	49.0	1210.0	49.0	0.23																	
Zircon-039	81.8	27.9	0.34	0.0811	0.0039	2.2160	0.0960	0.1975	0.0035	0.0589	0.0018	0.07	1162.0	19.0	1183.0	31.0	1233.0	64.0	1233.0	64.0	1.66																	
Zircon-040	499	261	0.52	0.0543	0.0042	0.2370	0.0150	0.0319	0.0010	0.0109	0.0005	0.33	202.3	6.3	215.0	13.0	432.0	89.0	202.3	6.3	1.14																	
Zircon-041	71.2	35.27	0.50	0.0504	0.0048	0.2390	0.0220	0.0339	0.0010	0.0108	0.0008	0.22	214.7	6.2	215.0	18.0	430.0	92.0	214.7	6.2	-0.28																	
Zircon-042	290	193.1	0.67	0.0507	0.0035	0.2420	0.0130	0.0343	0.0007	0.0112	0.0004	-0.11	217.4	4.5	219.0	10.0	390.0	85.0	217.4	4.5	2.19																	
Zircon-043	61.3	74.5	1.22	0.2110	0.0110	4.8200	0.2400	0.1663	0.0017	0.0706	0.0040	0.27	991.0	24.0	1786.0	40.0	2893.0	52.0	2893.0	52.0	-0.45																	
Zircon-044	74.6	82.5	1.11	0.1782	0.0037	12.2400	0.4600	0.4949	0.0083	0.1378	0.0027	0.41	2510.0	36.0	2622.0	32.0	2641.0	39.0	2641.0	39.0	3.04																	
Zircon-045	280	149	0.53	0.0505	0.0032	0.2360																																

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS										CORRECTED AGES (Ma)										
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	207Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	208Pb/232Th	±2s abs	Rho	206Pb/238U	±2s	207Pb/235U	±2s	207Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon-097	308	20.8	0.07	0.0907	0.0041	3.4300	0.1200	0.2728	0.0049	0.0804	0.0044	-0.21	1555.0	25.0	1511.0	30.0	1445.0	45.0	1445.0	45	10.37
Zircon-098	63.7	40.4	0.63	0.0545	0.0060	0.2500	0.0250	0.0340	0.0012	0.0113	0.0008	-0.03	215.4	7.4	224.0	20.0	511.0	94.0	215.4	7	-0.49
Zircon-099	114.5	144.6	1.26	0.0623	0.0031	0.9790	0.0500	0.1132	0.0022	0.0343	0.0007	-0.18	691.0	13.0	696.0	27.0	704.0	68.0	691.0	13	-1.39
Zircon-100	253	191	0.75	0.0549	0.0029	0.5240	0.0270	0.0686	0.0012	0.0216	0.0005	0.29	427.9	7.5	426.0	19.0	425.0	52.0	427.9	8	-1.38
Muestra 14LP22, Miembro El Tásate (Fm. La Casta) - Coordenadas X 478694, Y 3195023, 13 R																					
Zircon-001	55.6	21.56	0.39	0.0530	0.0057	0.3390	0.0330	0.0446	0.0014	0.0162	0.0021	-0.05	281.4	8.4	297.0	26.0	560.0	120.0	281.4	8.4	5.25
Zircon-002	300	239	0.80	0.0491	0.0030	0.2600	0.0140	0.0376	0.0007	0.0117	0.0010	0.04	237.9	4.2	234.0	11.0	248.0	66.0	237.9	4.2	-1.67
Zircon-003	33.8	10.64	0.31	0.0728	0.0055	1.7900	0.1200	0.1698	0.0040	0.0527	0.0057	-0.13	1011.0	22.0	1043.0	42.0	1015.0	80.0	1015.0	80.0	3.07
Zircon-004	151.8	81.5	0.54	0.0900	0.0040	3.3300	0.1300	0.2604	0.0043	0.0750	0.0059	-0.24	1491.0	22.0	1488.0	30.0	1434.0	49.0	1434.0	49.0	-0.20
Zircon-005	611	173.7	0.28	0.0737	0.0031	1.8030	0.0690	0.1762	0.0023	0.0513	0.0040	-0.53	1046.0	13.0	1046.0	25.0	1021.0	51.0	1021.0	51.0	0.00
Zircon-006	218.2	121.2	0.56	0.0795	0.0038	2.1600	0.0900	0.1961	0.0031	0.0577	0.0046	-0.05	1154.0	17.0	1167.0	29.0	1177.0	38.0	1177.0	38.0	1.11
Zircon-007	757	178	0.24	0.0740	0.0032	1.7890	0.0670	0.1764	0.0023	0.0522	0.0041	-0.13	1047.0	13.0	1042.0	24.0	1035.0	50.0	1035.0	50.0	-0.48
Zircon-008	80.3	77.1	0.96	0.0557	0.0045	0.5350	0.0410	0.0699	0.0018	0.0214	0.0018	-0.05	436.0	11.0	436.0	26.0	540.0	110.0	436.0	11.0	0.00
Zircon-009	265.1	142.1	0.54	0.0487	0.0032	0.2290	0.0150	0.0337	0.0007	0.0108	0.0010	0.23	213.4	4.2	209.0	12.0	336.0	78.0	213.4	4.2	-1.11
Zircon-010	199.5	160.2	0.80	0.0584	0.0033	0.5740	0.0300	0.0702	0.0011	0.0220	0.0018	0.22	437.3	6.8	461.0	20.0	547.0	62.0	437.3	6.8	5.14
Zircon-011	476	144	0.30	0.0554	0.0028	0.5520	0.0260	0.0700	0.0011	0.0211	0.0017	-0.02	435.9	6.5	449.0	16.0	443.0	60.0	435.9	6.5	2.92
Zircon-012	405	312.8	0.77	0.0503	0.0030	0.3880	0.0210	0.0522	0.0008	0.0153	0.0012	0.13	327.8	4.9	332.0	15.0	318.0	85.0	327.8	4.9	1.27
Zircon-013	150.4	82.5	0.55	0.0737	0.0035	1.9900	0.0820	0.1775	0.0028	0.0539	0.0044	0.15	1053.0	16.0	1086.0	27.0	1040.0	76.0	1040.0	76.0	3.04
Zircon-014	293	216.3	0.74	0.0499	0.0033	0.2450	0.0150	0.0337	0.0007	0.0109	0.0009	-0.20	213.9	4.2	222.0	12.0	400.0	110.0	213.9	4.2	3.65
Zircon-015	43.5	43.9	1.01	0.0611	0.0052	0.8730	0.0700	0.1002	0.0026	0.0318	0.0029	-0.02	615.0	15.0	640.0	41.0	653.0	98.0	615.0	15.0	3.91
Zircon-016	604	392	0.65	0.0506	0.0026	0.2530	0.0120	0.0347	0.0006	0.0104	0.0008	0.06	219.6	3.8	228.7	9.3	232.0	60.0	219.6	3.8	3.98
Zircon-017	157	77	0.49	0.0607	0.0039	0.8880	0.0500	0.1018	0.0022	0.0313	0.0027	0.03	625.0	13.0	643.0	27.0	674.0	65.0	625.0	13.0	2.80
Zircon-018	816	19.6	0.02	0.0724	0.0032	1.8240	0.0720	0.1765	0.0025	0.0577	0.0054	-0.21	1048.0	14.0	1054.0	26.0	1012.0	48.0	1012.0	48.0	0.57
Zircon-019	209.5	160.6	0.77	0.0781	0.0035	2.2430	0.0920	0.2029	0.0033	0.0590	0.0047	0.43	1191.0	18.0	1196.0	28.0	1149.0	53.0	1149.0	53.0	0.42
Zircon-020	184.6	135.7	0.74	0.0537	0.0037	0.2530	0.0180	0.0346	0.0009	0.0107	0.0009	0.13	219.2	5.5	228.0	14.0	396.0	97.0	219.2	5.5	3.86
Zircon-021	378	270	0.71	0.0523	0.0037	0.2360	0.0170	0.0347	0.0007	0.0108	0.0010	0.31	219.9	4.4	215.0	14.0	274.0	75.0	219.9	4.4	-2.28
Zircon-022	48.4	21.05	0.43	0.0857	0.0053	2.4300	0.1400	0.2214	0.0052	0.0658	0.0066	-0.02	1289.0	28.0	1249.0	41.0	1337.0	73.0	1337.0	73.0	-3.20
Zircon-023	89.7	77.1	0.86	0.0599	0.0036	0.8040	0.0420	0.1067	0.0020	0.0324	0.0027	0.14	654.0	11.0	598.0	24.0	626.0	63.0	654.0	11.0	-9.36
Zircon-024	172.1	47	0.27	0.0580	0.0033	0.4320	0.0250	0.0595	0.0011	0.0181	0.0017	0.39	372.5	6.6	364.0	17.0	511.0	65.0	372.5	6.6	-2.34
Zircon-025	174	57	0.33	0.0786	0.0036	1.9840	0.0840	0.2012	0.0030	0.0606	0.0049	0.37	1182.0	16.0	1111.0	29.0	1173.0	48.0	1173.0	48.0	-6.39
Zircon-026	88.4	41	0.46	0.0788	0.0040	2.0220	0.0880	0.2025	0.0032	0.0599	0.0049	-0.01	1188.0	17.0	1121.0	30.0	1181.0	47.0	1181.0	47.0	-5.98
Zircon-027	281	107.4	0.38	0.0727	0.0033	1.6590	0.0660	0.1793	0.0024	0.0529	0.0043	0.08	1063.0	13.0	992.0	25.0	1013.0	42.0	1013.0	42.0	-7.16
Zircon-028	421	289	0.69	0.0531	0.0033	0.2650	0.0130	0.0388	0.0008	0.0121	0.0010	-0.01	245.6	5.1	240.0	11.0	426.0	69.0	245.6	5.1	-2.33
Zircon-029	114.1	61.8	0.54	0.0990	0.0048	3.4100	0.1600	0.2640	0.0072	0.0813	0.0066	0.51	1510.0	37.0	1509.0	39.0	1592.0	52.0	1592.0	52.0	-0.07
Zircon-030	33.9	30.4	0.90	0.0590	0.0130	0.2880	0.0570	0.0346	0.0021	0.0096	0.0013	0.16	219.0	13.0	246.0	45.0	800.0	170.0	219.0	13.0	10.98
Zircon-031	88.8	53	0.60	0.0592	0.0035	0.6960	0.0350	0.0692	0.0015	0.0220	0.0020	0.10	431.3	9.6	479.0	22.0	517.0	72.0	431.3	9.6	9.96
Zircon-032	906	1060	1.17	0.0479	0.0025	0.2470	0.0120	0.0347	0.0006	0.0106	0.0008	0.44	219.6	3.7	224.0	10.0	134.0	59.0	219.6	3.7	1.96
Zircon-033	24.47	32.7	1.34	0.0749	0.0060	2.0500	0.1500	0.1860	0.0045	0.0575	0.0048	-0.12	1099.0	24.0	1125.0	50.0	1087.0	98.0	1087.0	98.0	2.31
Zircon-034	131.5	91.1	0.69	0.0498	0.0053	0.2500	0.0260	0.0333	0.0011	0.0114	0.0011	0.05	211.4	6.6	225.0	21.0	346.0	90.0	211.4	6.6	6.04
Zircon-035	485	289.9	0.60	0.0502	0.0045	0.2960	0.0260	0.0404	0.0009	0.0129	0.0011	-0.13	255.3	5.8	262.0	20.0	330.0	140.0	255.3	5.8	2.56
Zircon-036	66	25	0.38	0.1056	0.0059	4.8200	0.2400	0.3195	0.0049	0.0878	0.0078	-0.17	1787.0	24.0	1786.0	41.0	1721.0	53.0	1721.0	53.0	-0.06
Zircon-037	448.8	273	0.61	0.0489	0.0030	0.2030	0.0120	0.0288	0.0005	0.0091	0.0007	-0.05	183.0	2.9	187.0	10.0	290.0	68.0	183.0	2.9	2.14
Zircon-038	430	56.9	0.13	0.0751	0.0034	1.9400	0.0790	0.1835	0.0028	0.0586	0.0053	0.56	1086.0	15.0	1098.0	30.0	1094.0	56.0	1094.0	56.0	1.09
Zircon-039	51.2	12.21	0.24	0.0822	0.0045	2.4800	0.1300	0.2190	0.0044	0.0690	0.0064	0.19	1276.0	23.0	1269.0	36.0	1265.0	53.0	1265.0	53.0	-0.55
Zircon-040	352	221.1	0.63	0.0739	0.0033	1.7790	0.0710	0.1745	0.0023	0.0534	0.0042	0.18	1037.0	13.0	1039.0	26.0	1032.0	65.0	1032.0	65.0	0.19
Zircon-041	369	270	0.73	0.0529	0.0028	0.3780	0.0170	0.0508	0.0009	0.0160	0.0013	-0.04	319.3	5.4	325.0	13.0	351.0	70.0	319.3	5.4	1.75
Zircon-042	210.1	192.7	0.92	0.0509	0.0033	0.3720	0.0220	0.0503	0.0011	0.0159	0.0013	-0.02	316.4	6.7	320.0	17.0	305.0	79.0	316.4	6.7	1.13
Zircon-043	367	126.8	0.35	0.0734	0.0038	1.7700	0.1100	0.1704	0.0053	0.0487	0.0047	-0.15	1014.0	29.0	1043.0	35.0	1010.0	63.0	1010.0	63.0	2.78
Zircon-044	138.6	69.3	0.50	0.0712	0.0033	1.7570	0.0740	0.1718	0.0028	0.0521	0.0043	0.23	1022.0	15.0	1031.0	27.0	970.0	71.0	1022.0	15.0</	

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continación)

	CORRECTED RATIOS											CORRECTED AGES (Ma)									
	U	Th	Th/U	207Pb/20	±2s abs	207Pb/23	±2s abs	206Pb/23	±2s abs	208Pb/23	±2s abs	Rho	206Pb/2	±2s	207Pb/2	±2s	207Pb/2	±2s	Best age	±2s	Disc %
	(ppm)	(ppm)		6Pb		5U		8U		2Th			38U		35U		06Pb		(Ma)		
Muestra 14LP23, Miembro El Tásate (Fm. La Casita) - Coordenadas X 478562, Y 3194919, 13 R																					
Zircon-001	167.3	59.8	0.36	0.0545	0.0037	0.3150	0.0290	0.0428	0.0008	0.0144	0.0111	-0.16	270.3	4.6	277.0	22.0	415.0	83.0	270.3	4.6	2.42
Zircon-002	78.4	38.4	0.49	0.0672	0.0047	2.6300	0.2200	0.2209	0.0042	0.0706	0.0037	0.35	1200.0	21.0	1306.0	32.0	550.0	44.0	1307.0	44.0	1.23
Zircon-003	31.93	19.79	0.62	0.0592	0.0064	0.7200	0.0860	0.0883	0.0025	0.3000	0.0021	0.02	545.0	15.0	544.0	50.0	750.0	110.0	545.0	15.0	-0.18
Zircon-004	78.7	67.2	0.85	0.0498	0.0046	0.2160	0.0240	0.0313	0.0008	0.0102	0.0007	0.29	198.8	5.2	197.0	21.0	379.0	72.0	198.8	5.2	-0.91
Zircon-005	2346	4350	1.85	0.0513	0.0024	0.1640	0.1300	0.0241	0.0005	0.0078	0.0004	0.64	153.6	2.9	156.0	12.0	241.0	68.0	153.6	2.9	1.54
Zircon-006	79.3	38.3	0.48	0.0774	0.0044	1.8000	0.1400	0.1751	0.0032	0.0536	0.0028	0.10	1040.0	17.0	1042.0	52.0	1103.0	60.0	1103.0	60.0	0.19
Zircon-007	54.5	23.81	0.44	0.0767	0.0040	1.8200	0.1500	0.1759	0.0032	0.0478	0.0031	0.37	1045.0	18.0	1055.0	57.0	1080.0	67.0	1080.0	67.0	0.95
Zircon-008	712	455	0.64	0.0526	0.0026	0.3220	0.0250	0.0454	0.0006	0.0143	0.0006	0.27	286.1	3.6	283.0	19.0	303.0	65.0	286.1	3.6	-1.10
Zircon-009	699	624	0.89	0.0529	0.0027	0.3520	0.0280	0.0482	0.0007	0.0152	0.0007	0.34	303.6	4.1	307.0	21.0	353.0	60.0	303.6	4.1	1.11
Zircon-010	194.4	122	0.63	0.0833	0.0039	2.3600	0.1800	0.2090	0.0023	0.0643	0.0030	0.31	1223.0	12.0	1231.0	55.0	1278.0	57.0	1278.0	57.0	0.65
Zircon-011	213.3	69.1	0.32	0.0750	0.0033	1.8100	0.1400	0.1775	0.0020	0.0517	0.0025	-0.03	1053.0	11.0	1048.0	50.0	1074.0	63.0	1074.0	63.0	-0.48
Zircon-012	286	141.6	0.50	0.0528	0.0038	0.2440	0.0220	0.0348	0.0006	0.0115	0.0007	0.00	220.4	3.9	221.0	18.0	367.0	71.0	220.4	3.9	0.27
Zircon-013	182.8	113.5	0.62	0.0546	0.0048	0.2120	0.0230	0.0294	0.0006	0.0089	0.0006	0.33	186.5	3.7	196.0	20.0	441.0	88.0	186.5	3.7	4.85
Zircon-014	527	406	0.77	0.0508	0.0027	0.2310	0.0190	0.0334	0.0005	0.0101	0.0005	-0.03	211.6	2.8	211.0	15.0	277.0	67.0	211.6	2.8	-0.28
Zircon-015	123.1	83.1	0.68	0.0600	0.0039	0.8130	0.0740	0.0985	0.0020	0.0295	0.0016	0.34	606.0	12.0	601.0	41.0	570.0	72.0	606.0	12.0	-0.83
Zircon-016	131.4	44.5	0.34	0.0728	0.0038	1.7100	0.1300	0.1724	0.0019	0.0508	0.0028	0.19	1025.0	10.0	1014.0	50.0	1019.0	57.0	1019.0	57.0	-1.08
Zircon-017	575	482	0.84	0.0521	0.0026	0.2870	0.0230	0.0407	0.0006	0.0128	0.0006	0.33	257.0	3.5	257.0	19.0	299.0	54.0	257.0	3.5	0.00
Zircon-018	423	397	0.94	0.0526	0.0029	0.2520	0.0210	0.0355	0.0006	0.0113	0.0005	0.36	225.0	3.4	227.0	17.0	312.0	73.0	225.0	3.4	0.88
Zircon-019	275.1	173.2	0.63	0.0488	0.0034	2.2200	0.0210	0.0374	0.0005	0.0101	0.0005	0.20	210.4	3.2	202.0	17.0	379.0	86.0	210.4	3.2	-4.16
Zircon-020	216.5	146	0.67	0.0495	0.0039	0.2330	0.0230	0.0344	0.0008	0.0107	0.0007	0.11	218.0	4.8	212.0	19.0	348.0	92.0	218.0	4.8	-2.83
Zircon-021	24.3	22.4	0.92	0.0787	0.0057	1.9700	0.1900	0.1841	0.0045	0.0573	0.0033	0.04	1088.0	24.0	1112.0	66.0	1190.0	100.0	1190.0	100.0	2.16
Zircon-022	158	54.9	0.35	0.0549	0.0036	0.4230	0.0380	0.0569	0.0009	0.0188	0.0012	-0.01	356.7	5.6	359.0	26.0	403.0	72.0	356.7	5.6	0.64
Zircon-023	29.25	10.75	0.37	0.0849	0.0051	2.5300	0.2200	0.2177	0.0042	0.0672	0.0043	0.22	1272.0	22.0	1280.0	60.0	1320.0	57.0	1320.0	57.0	0.63
Zircon-024	63.1	50.4	0.80	0.0505	0.0062	0.2260	0.0300	0.0331	0.0012	0.0106	0.0008	0.18	209.7	7.5	214.0	22.0	586.0	95.0	209.7	7.5	2.01
Zircon-025	252.8	8	0.03	0.0618	0.0030	0.9280	0.0730	0.1090	0.0015	0.0346	0.0040	0.21	666.9	8.6	671.0	38.0	677.0	55.0	666.9	8.6	0.61
Zircon-026	93	46	0.49	0.1069	0.0080	2.6700	0.2600	0.1823	0.0026	0.0779	0.0066	0.02	1079.0	14.0	1309.0	72.0	1700.0	130.0	1700.0	130.0	17.57
Zircon-027	490	303.6	0.62	0.0502	0.0028	0.2320	0.0190	0.0333	0.0004	0.0104	0.0005	0.09	211.4	2.4	212.0	16.0	251.0	62.0	211.4	2.4	0.28
Zircon-028	81.1	64.7	0.80	0.0593	0.0039	0.7420	0.0650	0.0909	0.0016	0.0270	0.0015	-0.12	560.9	9.5	560.0	38.0	597.0	82.0	560.9	9.5	-0.16
Zircon-029	209.5	143.3	0.68	0.0516	0.0035	0.2800	0.0250	0.0392	0.0006	0.0128	0.0007	0.08	247.8	3.9	250.0	20.0	347.0	74.0	247.8	3.9	0.88
Zircon-030	201.9	85.9	0.43	0.0538	0.0038	0.4620	0.0410	0.0619	0.0008	0.0200	0.0011	-0.28	387.1	4.9	387.0	30.0	423.0	71.0	387.1	4.9	-0.03
Zircon-031	143.8	64.6	0.45	0.0716	0.0033	1.6300	0.1300	0.1652	0.0022	0.0507	0.0024	0.45	986.0	12.0	981.0	49.0	969.0	66.0	986.0	12.0	-0.51
Zircon-032	180	57.5	0.32	0.1024	0.0044	4.1300	0.3100	0.2916	0.0043	0.0874	0.0040	0.60	1649.0	21.0	1659.0	61.0	1662.0	50.0	1662.0	50.0	0.60
Zircon-033	153	88.8	0.58	0.1018	0.0051	4.3500	0.3500	0.3056	0.0028	0.0829	0.0041	0.34	1719.0	14.0	1700.0	66.0	1641.0	67.0	1641.0	67.0	-1.12
Zircon-034	407	144.5	0.36	0.0951	0.0040	3.5600	0.2700	0.2702	0.0023	0.0760	0.0033	0.40	1541.0	12.0	1541.0	58.0	1522.0	46.0	1522.0	46.0	0.00
Zircon-035	111.5	80	0.79	0.0496	0.0051	0.2470	0.0260	0.0351	0.0008	0.0111	0.0007	-0.23	220.3	4.7	225.0	32.0	550.0	160.0	222.3	4.7	1.20
Zircon-036	121.2	41.5	0.34	0.1023	0.0047	4.1200	0.3100	0.2909	0.0029	0.0826	0.0038	0.04	1646.0	15.0	1664.0	60.0	1659.0	48.0	1659.0	48.0	1.08
Zircon-037	152.8	51.1	0.33	0.0780	0.0037	2.0900	0.1600	0.1939	0.0027	0.0563	0.0029	0.27	1142.0	15.0	1144.0	53.0	1149.0	51.0	1149.0	51.0	0.17
Zircon-038	18.08	9.54	0.53	0.0715	0.0055	1.7300	0.1700	0.1721	0.0053	0.0519	0.0046	0.10	1023.0	29.0	1025.0	65.0	1017.0	83.0	1017.0	83.0	-0.20
Zircon-039	74.3	57.1	0.77	0.0613	0.0038	0.8750	0.0750	0.1026	0.0022	0.0310	0.0017	0.23	630.0	13.0	630.0	41.0	641.0	60.0	630.0	13.0	0.94
Zircon-040	157.6	100.2	0.64	0.0565	0.0037	0.5280	0.0470	0.0682	0.0013	0.0202	0.0010	0.07	425.3	7.7	428.0	32.0	518.0	75.0	425.3	7.7	0.63
Zircon-041	86	51.6	0.60	0.0737	0.0039	1.9600	0.1600	0.1885	0.0033	0.0533	0.0027	0.24	1113.0	18.0	1100.0	53.0	1053.0	57.0	1053.0	57.0	-1.18
Zircon-042	191.6	82.9	0.43	0.0508	0.0037	0.2440	0.0230	0.0338	0.0006	0.0108	0.0007	0.11	214.3	3.7	221.0	19.0	347.0	76.0	214.3	3.7	3.03
Zircon-043	110.5	71.7	0.65	0.0717	0.0037	1.6800	0.1300	0.1671	0.0021	0.0512	0.0024	0.30	996.0	12.0	997.0	51.0	995.0	64.0	996.0	12.0	0.10
Zircon-044	87.1	50.4	0.58	0.0476	0.0044	0.2280	0.0250	0.0340	0.0009	0.0109	0.0009	0.22	215.8	5.4	206.0	21.0	350.0	130.0	215.8	5.4	-4.76
Zircon-045	742	1244	1.68	0.0510	0.0031	0.2120	0.0180	0.0299	0.0005	0.0094	0.0004	0.05	189.8	3.1	196.0	14.0	269.0	66.0	189.8	3.1	1.16
Zircon-046	222	77.5	0.35	0.0898	0.0039	2.9900	0.2200	0.2393	0.0020	0.0633	0.0031	0.00	1383.0	10.0	1405.0	55.0	1422.0	33.0	1422.0	33.0	3.57
Zircon-047	98.3	39.06	0.40	0.1121	0.0036	1.7600	0.1400	0.1741	0.0024	0.0535	0.0028	0.11	1034.0	13.0	1031.0	50.0	1013.0	51.0	1013.0	51.0	-0.29
Zircon-048	133.4	144	1.08	0.1134	0.0050	5.4200	0.4100	0.3417	0.												

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS										CORRECTED AGES (Ma)										
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	207Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	208Pb/232Th	±2s abs	Rho	206Pb/238U	±2s	207Pb/235U	±2s	206Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon-003	108.9	42.4	0.39	0.0780	0.0018	2.1130	0.0460	0.1956	0.0037	0.0580	0.0028	0.05	1152.0	20.0	1151.0	15.0	1145.0	46.0	1145.0	46.0	-0.09
Zircon-004	191.3	153.1	0.80	0.1108	0.0017	5.2160	0.0660	0.3411	0.0057	0.0973	0.0043	0.05	1892.0	28.0	1857.0	11.0	1823.0	28.0	1823.0	28.0	-1.88
Zircon-005	642	350	0.55	0.0491	0.0017	0.2278	0.0067	0.0333	0.0006	0.0505	0.0005	0.12	211.3	4.0	208.2	5.5	191.0	72.0	211.3	4.0	-1.49
Zircon-006	585	35.4	0.61	0.0789	0.0027	2.3690	0.0830	0.2196	0.0045	0.0645	0.0032	0.14	1280.0	24.0	1235.0	25.9	1157.0	69.0	1157.0	69.0	-3.64
Zircon-007	473	419	0.88	0.0602	0.0011	0.8520	0.0160	0.1023	0.0018	0.0201	0.0013	0.35	628.0	11.0	625.2	8.9	624.0	39.0	628.0	11.0	-0.45
Zircon-008	561	394	0.70	0.0485	0.0018	0.2193	0.0079	0.0323	0.0007	0.0101	0.0005	0.15	205.1	4.1	201.0	6.5	201.0	77.0	205.1	4.1	-2.04
Zircon-009	137.5	111.4	0.81	0.0543	0.0025	0.5130	0.0220	0.0684	0.0014	0.0207	0.0011	-0.04	426.6	8.7	419.0	15.0	440.0	100.0	426.6	8.7	-1.81
Zircon-010	152	134.9	0.89	0.0582	0.0023	0.5970	0.0200	0.0750	0.0023	0.0261	0.0013	0.35	466.0	14.0	478.0	14.0	557.0	88.0	466.0	14.0	2.51
Zircon-011	309.2	201.2	0.65	0.0556	0.0015	0.5710	0.0140	0.0740	0.0015	0.0234	0.0011	0.01	460.4	9.0	458.0	9.3	429.0	59.0	460.4	9.0	-0.52
Zircon-012	21.31	11.31	0.53	0.0718	0.0049	1.6100	0.1000	0.1648	0.0048	0.0506	0.0040	0.14	983.0	27.0	978.0	38.0	1020.0	130.0	1020.0	130.0	-0.51
Zircon-013	115.6	81.8	0.71	0.0549	0.0033	0.4470	0.0270	0.0595	0.0014	0.0176	0.0011	-0.27	372.4	8.6	377.0	19.0	460.0	130.0	372.4	8.6	1.22
Zircon-014	500	567	1.13	0.0502	0.0023	0.2104	0.0089	0.0300	0.0006	0.0095	0.0005	-0.22	190.4	3.9	193.5	7.4	278.0	95.0	190.4	3.9	1.60
Zircon-015	362.3	249.2	0.69	0.0499	0.0019	0.2360	0.0092	0.0344	0.0007	0.0107	0.0006	-0.01	217.9	4.1	214.8	7.6	260.0	83.0	217.9	4.1	-1.44
Zircon-016	438	259	0.59	0.0506	0.0023	0.2880	0.0120	0.0405	0.0008	0.0132	0.0006	0.10	256.2	5.2	256.7	9.8	265.0	99.0	256.2	5.2	0.19
Zircon-017	601	707	1.18	0.0500	0.0020	0.2482	0.0093	0.0359	0.0007	0.0116	0.0006	-0.13	227.1	4.4	224.8	7.5	266.0	85.0	227.1	4.4	-1.02
Zircon-018	36.9	34.5	0.93	0.0475	0.0069	0.2200	0.0344	0.0044	0.0014	0.0118	0.0011	0.45	212.7	8.5	197.0	28.0	200.0	250.0	212.7	8.5	-10.51
Zircon-019	95.3	63.8	0.67	0.0499	0.0015	0.2238	0.0066	0.0327	0.0006	0.0101	0.0005	0.09	207.4	3.8	204.8	5.5	222.0	65.0	207.4	3.8	-1.27
Zircon-020	308.4	255.4	0.83	0.0512	0.0029	0.2330	0.0120	0.0335	0.0007	0.0111	0.0005	-0.09	212.6	4.4	211.7	9.5	320.0	110.0	212.6	4.4	-0.43
Zircon-021	932	668	0.72	0.0498	0.0012	0.2357	0.0053	0.0344	0.0006	0.0110	0.0005	0.19	217.9	3.7	214.7	4.4	171.0	54.0	217.9	3.7	-1.49
Zircon-022	171	78.6	0.46	0.0739	0.0017	1.8190	0.0380	0.1787	0.0035	0.0557	0.0028	0.24	1060.0	19.0	1051.0	14.0	1043.0	45.0	1060.0	19.0	-0.86
Zircon-023	174.6	61.1	0.35	0.0805	0.0016	2.2620	0.0390	0.2051	0.0038	0.0616	0.0030	0.22	1203.0	20.0	1202.0	13.0	1200.0	37.0	1200.0	37.0	-0.08
Zircon-024	91.4	28.16	0.31	0.0723	0.0024	1.7440	0.0550	0.1737	0.0034	0.0537	0.0031	-0.02	1032.0	19.0	1025.0	20.0	1024.0	67.0	1024.0	67.0	-0.68
Zircon-025	94.7	46.9	0.50	0.0709	0.0026	1.8380	0.0590	0.1869	0.0036	0.0554	0.0027	-0.05	1104.0	20.0	1063.0	21.0	979.0	78.0	979.0	78.0	-3.86
Zircon-026	326	114.1	0.35	0.0496	0.0028	0.2100	0.0120	0.0306	0.0006	0.0101	0.0005	-0.09	194.1	3.7	194.0	10.0	330.0	110.0	194.1	3.7	-0.05
Zircon-027	324	255	0.79	0.0519	0.0022	0.2349	0.0098	0.0328	0.0008	0.0103	0.0005	0.07	208.1	4.8	213.8	8.0	328.0	90.0	208.1	4.8	2.67
Zircon-028	372	211.1	0.57	0.0485	0.0029	0.1636	0.0095	0.0244	0.0008	0.0076	0.0004	0.06	155.4	3.8	153.5	8.3	250.0	120.0	155.4	3.8	-1.24
Zircon-029	164.2	78.1	0.48	0.0500	0.0039	0.1880	0.0140	0.0277	0.0008	0.0092	0.0007	-0.11	176.1	5.1	174.0	12.0	390.0	150.0	176.1	5.1	-1.21
Zircon-030	11.95	3.879	0.32	0.1928	0.0067	14.2400	0.4400	0.5370	0.0150	0.1390	0.0100	0.20	2769.0	65.0	2760.0	30.0	2751.0	60.0	2751.0	60.0	-0.33
Zircon-031	30.4	24.72	0.81	0.0561	0.0086	0.2640	0.0410	0.0341	0.0015	0.0111	0.0010	0.19	216.1	9.6	239.0	32.0	720.0	270.0	216.1	9.6	9.58
Zircon-032	223.2	56.8	0.25	0.0528	0.0026	0.4160	0.0170	0.0557	0.0013	0.0166	0.0011	-0.04	349.4	8.1	353.0	12.0	370.0	100.0	349.4	8.1	1.02
Zircon-033	198.8	188.3	0.95	0.0793	0.0016	2.2330	0.0450	0.2022	0.0036	0.0577	0.0025	0.18	1187.0	19.0	1191.0	14.0	1178.0	41.0	1178.0	41.0	0.34
Zircon-034	152.7	106.6	0.70	0.0509	0.0041	0.2490	0.0210	0.0353	0.0009	0.0106	0.0006	0.04	223.6	5.7	225.0	17.0	390.0	160.0	223.6	5.7	0.62
Zircon-035	288.6	95.2	0.33	0.0726	0.0011	1.7250	0.0270	0.1711	0.0029	0.0476	0.0023	0.41	1018.0	16.0	1017.2	9.9	1013.0	28.0	1013.0	28.0	-0.08
Zircon-036	56.5	42.3	0.75	0.0548	0.0066	0.2730	0.0320	0.0360	0.0017	0.0110	0.0012	0.08	228.0	11.0	243.0	26.0	670.0	260.0	228.0	11.0	6.17
Zircon-037	404	134.9	0.33	0.0558	0.0014	0.5190	0.0120	0.0676	0.0013	0.0194	0.0010	0.14	421.7	8.1	424.3	8.0	451.0	56.0	421.7	8.1	0.61
Zircon-038	396	35.7	0.09	0.0583	0.0022	0.5150	0.0190	0.0655	0.0013	0.0272	0.0026	0.31	408.9	7.6	421.0	13.0	505.0	82.0	408.9	7.6	2.87
Zircon-039	315	142.4	0.45	0.0628	0.0015	0.9860	0.0240	0.1137	0.0022	0.0380	0.0015	0.21	694.0	13.0	698.0	12.0	699.0	52.0	694.0	13.0	0.57
Zircon-040	273	196	0.72	0.0511	0.0028	0.2500	0.0130	0.0357	0.0008	0.0108	0.0006	0.21	225.8	4.8	227.0	10.0	370.0	110.0	225.8	4.8	0.53
Zircon-041	76.1	87.7	1.15	0.2097	0.0043	16.4500	0.7200	0.5670	0.0230	0.1465	0.0072	0.76	2884.0	92.0	2886.0	41.0	2901.0	34.0	2901.0	34.0	0.07
Zircon-042	530	236	0.45	0.0777	0.0010	2.1200	0.0300	0.1963	0.0035	0.0600	0.0026	0.43	1155.0	20.0	1156.3	9.3	1141.0	26.0	1141.0	26.0	0.11
Zircon-043	78.7	38.08	0.48	0.0747	0.0029	1.9340	0.0670	0.1872	0.0036	0.0546	0.0030	-0.10	1106.0	19.0	1093.0	23.0	1030.0	75.0	1030.0	75.0	-1.19
Zircon-044	249.3	183.6	0.74	0.0556	0.0020	0.5110	0.0180	0.0665	0.0012	0.0198	0.0010	0.02	415.3	7.2	419.0	12.0	436.0	78.0	415.3	7.2	0.88
Zircon-045	59.6	39	0.65	0.0532	0.0064	0.2460	0.0280	0.0336	0.0012	0.0109	0.0008	-0.03	213.3	7.8	221.0	22.0	540.0	230.0	213.3	7.8	3.48
Zircon-046	517	428	0.83	0.0529	0.0015	0.4210	0.0120	0.0573	0.0010	0.0171	0.0008	0.06	359.2	6.3	356.4	8.3	332.0	62.0	359.2	6.3	-0.79
Zircon-047	138.9	115.7	0.83	0.0494	0.0042	0.2140	0.0180	0.0311	0.0007	0.0095	0.0006	0.13	197.4	4.5	195.0	15.0	450.0	150.0	197.4	4.5	-1.23
Zircon-048	294	158.1	0.54	0.0477	0.0028	0.6830	0.0300	0.0675	0.0017	0.0152	0.0010	0.45	421.0	10.0	527.0	18.0	1054.0	74.0	421.0	10.0	20.11
Zircon-049	455	223.2	0.49	0.0921	0.0013	3.2280	0.0530	0.2547	0.0046	0.0764	0.0033	0.32	1462.0	24.0	1463.0	13.0	1466.0	27.0	1466.0	27.0	0.07
Zircon-050	254.8	139.5	0.55	0.0507	0.0028	0.2360	0.0130	0.0337	0.0007	0.0112	0.0006	-0.04	213.4	4.2	214.0	11.0	350.0	120.0	213.4	4.2	0.28
Zircon-051	107.2	72.9	0.68	0.0612	0.0022	0.8120	0.0260	0.0963	0.0019	0.0305	0.0015	0.09	592.0	11.0	604.0	14.0	654.0	76.0	592.0	11.0	1.99
Zircon-052	299.3	252.7	0.84	0.0508	0.0022	0.2830	0.0140	0.0408	0.0009	0.0129	0.0007	0.15	257.5	5.5	252.0	11.0	293.0	93.0	257.5	5.5	-2.18
Zircon-053	270.8	180.3	0.67	0.0516	0.0029	0.2490	0.0130	0.0346	0.0008	0.0105	0.0006	0.05	219.0	4.7	225.0	11.0	320.0	120.0	219.0	4.7	2.67
Zircon-054	32.55	16.87	0.52	0.0769	0.0040	1.9700	0.1100	0.1840	0.0046	0.0570	0.0040	0.34	1089.0	25.0	1108.0	39.0	1170.0	100.0	1170.0	100.0	1.71
Zircon-055	95.4	31.29	0.33	0.0752	0.0028	1.8670	0.0590	0.1908	0.0036	0.0548	0.0031	-0.13	1071.0	19.0	1073.0	21.0	1077.0	71.0	1077.0	71.0	0.19
Zircon-056	255.5	198.8	0.78	0.0494	0.0013	0.2960	0.0130														

Tabla A2.- Análisis geocronológicos U-Pb en circón (continuación)

	CORRECTED RATIOS												CORRECTED AGES (Ma)								
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	207Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	208Pb/232Th	±2s abs	Rho	206Pb/238U	±2s	207Pb/235U	±2s	207Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon-011	879	441	0.5017	0.0579	0.0025	0.479	0.02	0.0605	0.0012	0.01838	0.0012	0.16459	378.8	7.4	397	14	510	61	378.8	7.4	4.58
Zircon-012	468	706	1.5085	0.0561	0.0027	0.507	0.023	0.0659	0.0014	0.01892	0.0012	0.25107	411.4	8.3	415	16	504	77	411.4	8.3	0.87
Zircon-013	319	131.2	0.4113	0.0868	0.0021	2.757	0.068	0.2297	0.0027	0.0667	0.004	0.49532	1333.1	14	1345	18	1374	20	1374	20	0.88
Zircon-014	164.8	135.3	0.821	0.0596	0.0033	0.824	0.045	0.1017	0.0018	0.0315	0.002	0.02943	624.3	11	618	26	608	67	624.3	11	-1.02
Zircon-015	318	179	0.5629	0.0501	0.0037	0.198	0.014	0.02887	0.00062	0.00956	0.00076	0.36161	183.4	3.9	183	12	418	94	183.4	3.9	-0.22
Zircon-016	92.2	116.3	1.2614	0.0508	0.0069	0.239	0.035	0.0334	0.0015	0.00983	0.00086	0.3158	211.9	9.5	220	28	660	120	211.9	9.5	3.68
Zircon-017	182.1	93.1	0.5113	0.0713	0.0022	1.59	0.05	0.1616	0.0023	0.0509	0.0034	0.06351	966	13	963	20	974	40	966	13	-0.31
Zircon-018	4170	2340	0.5612	0.0504	0.00096	0.2074	0.039	0.02958	0.00037	0.00932	0.00057	0.32488	187.9	2.3	191.3	3.3	217	18	187.9	2.3	1.78
Zircon-019	3640	1704	0.4681	0.0489	0.00095	0.2961	0.0368	0.03018	0.00038	0.00931	0.00057	0.36992	191.6	2.4	190.2	4.1	150	23	191.6	2.4	-0.74
Zircon-020	618	393	0.6339	0.0521	0.0026	0.216	0.011	0.03005	0.00052	0.00901	0.00056	0.00975	190.8	3.3	198.5	8.8	476	63	190.8	3.3	3.88
Zircon-021	2380	1216	0.5109	0.0506	0.0013	0.2144	0.0662	0.03076	0.0004	0.00937	0.00057	0.13162	195.6	2.6	197.9	5.3	210	30	195.6	2.6	1.16
Zircon-022	2488	1160	0.4662	0.0501	0.0011	0.2064	0.0045	0.02956	0.00037	0.00955	0.00058	0.12854	187.8	2.3	190.5	3.8	200	30	187.8	2.3	1.44
Zircon-023	66.5	26.9	0.4045	0.0779	0.0033	2.135	0.091	0.1968	0.0036	0.0575	0.004	0.04935	1158	19	1159	30	1194	43	1194	43	0.09
Zircon-024	164.1	90.4	0.5509	0.0583	0.0028	0.795	0.041	0.0979	0.0016	0.0304	0.002	0.07626	602.3	9.2	600	22	575	55	602.3	9.2	-0.38
Zircon-025	113.5	62.7	0.5524	0.0578	0.0028	0.729	0.033	0.0931	0.0016	0.0277	0.0019	-0.057	573.6	9.4	558	19	557	48	573.6	9.4	-2.80
Zircon-026	351	296	0.8433	0.0534	0.0041	0.22	0.017	0.02927	0.00093	0.01119	0.00081	-0.0446	186	5.8	201	14	410	100	186	5.8	7.46
Zircon-027	34.8	40.5	1.1638	0.065	0.016	0.261	0.06	0.0296	0.0018	0.0103	0.0012	0.2515	188	11	233	50	1190	190	188	11	19.31
Zircon-028	557	321	0.5763	0.0504	0.0018	0.2052	0.0065	0.02943	0.00045	0.00984	0.00063	-0.1209	187	2.8	190.1	5.7	311	36	187	2.8	1.63
Zircon-029	2267	1244	0.5487	0.04944	0.00078	0.2076	0.0035	0.03018	0.00036	0.00948	0.00058	0.28987	191.7	2.3	191.5	2.9	173	18	191.7	2.3	-0.10
Zircon-030	96.8	91.7	0.9473	0.0809	0.0024	2.304	0.055	0.207	0.0033	0.0632	0.0039	-0.062	1213	18	1214	17	1220	36	1220	36	0.088
Zircon-031	94.1	52.7	0.56	0.0513	0.0035	0.289	0.019	0.04028	0.00095	0.001267	0.0009	-0.1171	254.6	5.9	256	15	470	82	254.6	5.9	0.55
Zircon-032	27.9	17.38	0.6229	0.0743	0.0054	1.75	0.11	0.1747	0.0041	0.0538	0.0038	-0.0067	1038	23	1047	41	1098	67	1098	67	0.86
Zircon-033	143	102.9	0.7196	0.1228	0.0016	6.171	0.081	0.3642	0.0044	0.11	0.0071	0.16536	2002	21	2000	11	1992	14	1992	14	-0.10
Zircon-034	7.8	6.34	0.8128	0.0752	0.0099	1.66	0.22	0.1632	0.0071	0.047	0.0052	0.07696	973	39	991	83	1200	130	1200	130	1.82
Zircon-035	91.7	58.8	0.6412	0.0785	0.0021	2.169	0.049	0.1988	0.0029	0.0593	0.0038	-0.056	1169	16	1169	16	1173	30	1173	30	0.00
Zircon-036	178.7	371	2.0761	0.042	0.01	0.135	0.022	0.01978	0.0009	0.00351	0.00029	0.4951	126.2	5.7	125	20	598	86	126.2	5.7	-0.96
Zircon-037	62.1	31.33	0.5045	0.0624	0.0044	0.863	0.057	0.1023	0.0019	0.0314	0.0024	0.31106	627.7	11	624	30	659	79	627.7	11	-0.59
Zircon-038	90.1	52.4	0.5816	0.0759	0.0022	1.946	0.061	0.1857	0.0027	0.0573	0.0039	0.26426	1098	15	1094	21	1068	33	1068	33	-0.37
Zircon-039	72.3	52.9	0.7317	0.0556	0.006	0.218	0.024	0.029	0.0016	0.0088	0.0012	0.13896	184.1	10	199	19	620	150	184.1	10	7.49
Zircon-040	67.5	67.5	1	0.0628	0.0089	0.253	0.032	0.02924	0.001	0.00945	0.00098	-0.1698	185.7	6.4	225	25	920	150	185.7	6.4	17.47
Zircon-041	146.3	103.3	0.7061	0.0479	0.0033	0.193	0.012	0.02867	0.00073	0.00938	0.00068	-0.0269	182.2	4.6	176	10	338	72	182.2	4.6	-3.52
Zircon-042	76.4	38.6	0.5052	0.0741	0.0031	1.905	0.062	0.1815	0.004	0.0562	0.0039	0.05421	1075	22	1080	22	1021	59	1021	59	0.46
Zircon-043	193	170	0.8808	0.0517	0.0036	0.247	0.016	0.03577	0.0007	0.01169	0.00079	0.3176	226.5	4.4	222	13	453	98	226.5	4.4	-2.03
Zircon-044	66.9	46	0.6876	0.0507	0.0067	0.204	0.026	0.02921	0.00093	0.01026	0.00084	-0.2705	185.6	5.8	188	23	610	150	185.6	5.8	1.28
Zircon-045	145.8	135.4	0.9287	0.0568	0.0026	0.578	0.026	0.0727	0.0012	0.02342	0.0016	-0.0554	452.2	7.2	463	16	532	57	452.2	7.2	2.33
Zircon-046	100.5	69	0.6866	0.0562	0.0049	0.219	0.017	0.02848	0.00078	0.0097	0.0009	-0.3633	181	4.9	200	14	524	95	181	4.9	9.50
Zircon-047	468	311	0.6645	0.0509	0.0019	0.2098	0.0087	0.02963	0.00051	0.0102	0.0007	0.31437	188.2	3.2	193	7.3	275	37	188.2	3.2	2.49
Zircon-048	93	58.1	0.6247	0.0759	0.0024	1.932	0.053	0.186	0.0029	0.0572	0.0036	0.13827	1099	16	1096	20	1072	37	1072	37	-0.27
Zircon-049	94.7	34	0.359	0.0944	0.0022	3.407	0.061	0.263	0.0038	0.3737	0.0048	0.10162	1505	19	1507	15	1512	26	1512	26	0.13
Zircon-050	28.3	30.5	1.0777	0.0784	0.0038	2.154	0.099	0.1992	0.0051	0.0604	0.0042	0.10526	1170	28	1166	33	1149	55	1149	55	-0.49
Zircon-051	282.1	175.6	0.5587	0.0499	0.0023	0.235	0.011	0.03448	0.00055	0.01119	0.00073	-0.0082	218.5	3.4	215.3	8.8	274	50	218.5	3.4	-1.34
Zircon-052	101.6	34.8	0.3425	0.0707	0.0017	1.618	0.039	0.1658	0.0022	0.0505	0.0033	0.15383	988.9	12	978	15	948	34	988.9	12	-1.11
Zircon-053	48.6	30.7	0.6317	0.082	0.002	2.472	0.078	0.271	0.037	0.0675	0.0042	0.07088	1766	20	1763	23	1237	36	1766	20	-0.24
Zircon-054	12.3	64.5	1.2573	0.0504	0.0078	0.191	0.028	0.02665	0.00089	0.00093	0.0005	-0.1021	169.5	5.6	173	24	890	130	169.5	5.6	2.02
Zircon-055	65.1	21.7	0.3252	0.0734	0.0032	1.708	0.068	0.1695	0.0031	0.0516	0.0035	-0.1091	1009	17	1007	26	980	49	1009	17	-0.20
Zircon-056	51.1	57	1.1155	0.0557	0.004	0.495	0.036	0.0653	0.0017	0.0211	0.0016	0.13716	407.4	10	411	25	548	70	407.4	10	0.88
Zircon-057	196.2	129.1	0.658	0.0548	0.0021	0.549	0.022	0.02744	0.0011	0.02362	0.0015	0.20941	450.8	6.5	447	14	436	40	450.8	6.5	-0.85
Zircon-058	124.5	32.3	0.2594	0.0781	0.0025	2.133	0.06	0.1974	0.0028	0.0562	0.0037	-0.118	1161	15	1164	20	1158	38	1158	38	0.26
Zircon-059	1310	56.8	0.4336	0.0506	0.0018	0.1991	0.0059	0.02824	0.00053	0.01033	0.00061	-0.1117	179.5	3.3	184.3	5	237	45	179.5	3.3	2.60
Zircon-060	227.6	162.4	0.7135	0.059	0.0016	0.804	0.023	0.09902	0.0013	0.03078	0.0019	0.03953	608.6	7.7	600	12	568	38	608.6	7.7	-1.43
Zircon-061	63.2	45	0.712	0.0493	0.0067	0.197	0.026	0.029	0.0011	0.00987	0.00099	-0.0912	184.4	7	184	23	490	110	184.4	7	-0.22
Zircon-062	125.7	99.6	0.7924	0.0499	0.0041	0.2	0.017	0.02897	0.00069	0.00955	0.00073	0.07578	184.1	4.4	184	14	412	78	184.1	4.4	-0.05
Zircon-063	17.06	10.22	0.5991	0.0763	0.0053	1.87	0.14	0.1799	0.0045	0.056	0.0045	0.22744	1066	25	1076	49	1088	83	1088	83	0.93
Zircon-064	235.2	64.6	0.2747	0.0732	0.0014	1.748	0.035	0.1726	0.0022	0.0526	0.0033	0.19917	1026.3	12	1025	13	1029	22	1029	22	-0.13
Zircon-065	217	58.9	0.2714	0.0746	0.0018	1.906	0.049	0.1827	0.0027	0.0542	0.0037	0.12196	1081	15	1082	17	1082	34	1082	34	0.09
Zircon-066	20.55	10.95	0.5328	0.0768	0.006																

